

Toni Möttönen

# Massastabilointilaitteen hydraulikan dokumentointi



Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Kevät 2018



KAJAANIN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Tiivistelmä

**Tekijä:** Möttönen Toni

**Työn nimi:** Massastabilointilaitteen hydrauliiikan dokumentointi

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

**Asiasanat:** hydraulikka, dokumentointi ja stabilointi

Suomessa ja maailmalla on paljon kantamattomia maa-alueita, joille rakentaminen vaatii suuria maamassojen vaihtoja. Massastabilointi on menetelmä, jolla saadaan pehmeät maa-alueet kantaviksi. Massastabilointimenetelmässä pehmeään saveen, liejuun tai turpeeseen sekoitetaan sideainetta kaivinkoneeseen liitettyllä erityisellä sekoitinlaitteistolla. Sekoitus tapahtuu lamelleittain pysty ja vaakasuunnassa, jolloin maahan syntyy sideaineen vaikutuksesta tasaisesti lujittunut homogeeninen laattamainen vyöhyke, jonka varaan voidaan perustaa. Massastabiloinnilla voidaan välttää kallis maamassojen vaihto ja selvittää pienemmillä kustannuksilla. Massastabilointia pystytään hyödyntämään myös saastuineiden maamassojen käsittelyssä.

Opinnäytetyö on tehty Hyvinkään Tieluiska Oy:lle. Työn aihe on massastabilointilaitteen hydrauliiikan dokumentointi. Se on osa isompaa modernisointiprojektia, mitä kyseessä oleva laite on käynyt läpi. Laitteesta käytetään myös nimeä massastabiloinnin painesyötin. Tässä työssä sitä kutsutaan massastabilointilaitteeksi.

Opinnäytetyössä käsitellään massastabilointimenetelmää ja sen sovelluskohteita. Hydraulikkaa käsitellään yleisellä tasolla. Seuraava osuus käsittelee hydraulikkajärjestelmän komponentteja tarkemmin. Teknisen dokumentoinnin teoriaa ja siihen liittyviä standardeja käydään lyhyesti läpi. Hydrauliiikan dokumentoinnin standardeista käsitellään hydrauliiikan piirrosmerkkien standardi ISO 1219-1 ja kaavioiden piirtoa käsittelevät standardit ISO 1219-2 ja ISO 1219-3.

Viimeinen osuus opinnäytetyöstä käsittelee massastabilointilaitetta ja siihen tehtyjä muutoksia. Aluksi käydään läpi massastabilointilaitteen lähtötilanne ja muutostarpeiden kartoitus. Hydraulikkajärjestelmä on rakennettu uudelleen ja alkuperäisiä osista jäi käyttöön ainoastaan telanajon hydraulikkamotorit. Alkuperäinen ohjausjärjestelmä toimi kaapelin välityksellä. Uuden ohjausjärjestelmän ohjauskäskyt liikkuvat langattomasti massastabilointilaitteeseen kaivinkoneen ohjaamosta. Työhön sisältyi suunnittelua, osien tilaamista ja muutosten dokumentointia. Tärkein osuus työssä on hydraulikkakaavio ja osaluettelo. Työn tilaaja sai työn tuloksena hydraulikkajärjestelmän dokumentoinnin muutetusta massastabilointilaitteesta ja huomattavasti luotettavamman laitteen käyttöön. Muutosprojektin läpivienti vaati varsin laajaa syventymistä hydraulikkaan.

## **Abstract**

**Author:** Möttönen Toni

**Title of the Publication:** Hydraulics Documentation of Mass Stabilization Device

**Degree Title:** Engineer, Mechanical and Production engineering

**Keywords:** Hydraulics, Documentation and Stabilization

In Finland and all over the world there is plenty soft soil, and building in those areas requires massive changes of soil masses. Mass stabilization is a method for hardening soft ground by adding a binder into the soil using a special mixing device attached to an excavator. Mass stabilization suits for hardening clay, peat, slurry and other soft soil materials. In the ground there will be an evenly strengthened homogenous plate, like a zone, where it is possible to build after the mix has taken place horizontally and vertically with the binder. Mass stabilization is a cost-effective method and makes it possible to avoid massive changes of soil masses. Mass stabilization can also be useful when processing contaminated soil masses.

This thesis was commissioned by Hyvinkään Tieluiska Oy. The thesis subject is a mass stabilization device and its hydraulics documentation. It is a small part of a bigger modernization project that this device has gone through. The device is also called mass stabilization pressure feeder, but in this thesis it is called a mass stabilization device.

The thesis theory part deals with the mass stabilization method and its applications. Hydraulics theory is viewed from a general perspective. Hydraulic components are studied in more detail. The thesis goes through technical documentation theory and a few documentation standards are also presented briefly. The main hydraulics documentation standards ISO 1219-1, ISO 1219-2 and ISO 1219-3 are presented at the end of the theory part. Standard ISO 1219-1 is for symbol drawing and standards ISO 1219-2 and ISO 1219-3 for circuit diagram drawing.

The last part of the thesis deals with the mass stabilization device and the changes it has gone through. First, the starting point of the mass stabilization device is introduced. The needs for changes in the mass stabilization device were analyzed with the commissioner. The hydraulics system was re-designed and only a few parts were left from the original one. Only the track drive hydraulic motors are original parts in the hydraulic system. The original control system worked with a cable between the excavator and the mass stabilization device. The new control system works wirelessly between excavator and mass stabilization device. The thesis included designing, ordering the parts and documenting the hydraulic system changes. The most important part of the thesis is the hydraulics schematic diagram with the part list. As a result of this thesis Hyvinkään Tieluiska Oy got the hydraulics documentation of the mass stabilization device and a much more reliable device to use. This project has required a deep familiarization with hydraulics to get the job done.

## Alkusanat

Insinööriyön tilaajana toimii Hyvinkään Tieluiska Oy. Hyvinkään Tieluiska Oy on Hyvinkäällä vuonna 1974 perustettu yritys. Toimialana on maa- ja viherrakennus, koneiden ja varaosien myynti. Yritys työllistää noin 120 työntekijää. Insinööriyön aihe on massastabilointilaitteen hydrauliiikan dokumentointi. Laitetta käytetään massastabiloinnissa sementin syöttöön paineilman avulla kaivinkoneeseen liitettyyn sekoitinlaitteeseen. Haluan kiittää Hyvinkään Tieluiskan omistajia ja kaikkia projektissa mukana olleita mielenkiintoisesta projektista. Erityiskiitos Esko Haapasaarelle, joka on ollut ohjaamassa käytännön asennuksia konetta rakennettaessa.

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Massastabilointimenetelmä .....	2
3	Hydrauliikka .....	6
4	Hydrauliikkajärjestelmän komponentit .....	8
4.1	Pumput .....	8
4.1.1	Hammaspyöräpumput.....	8
4.1.2	Mäntäpumput.....	9
4.1.3	Siipipumput.....	10
4.2	Venttiilit .....	11
4.2.1	Paineventtiilit .....	11
4.2.2	Virtausventtiilit.....	12
4.2.3	Suuntaventtiilit .....	12
4.2.4	Vastaventtiilit .....	13
4.2.5	Vaihtovastaventtiilit .....	13
4.3	Hydrauliikkamoottorit.....	14
4.3.1	Orbitaalimoottorit .....	14
4.3.2	Ulkokoryntöiset hammasratasmoottorit .....	15
4.3.3	Mäntämoottorit.....	15
4.4	Sylinterit .....	16
4.5	Hydrauliikkasäiliöt .....	16
4.6	Letkut .....	17
	Letkuliittimet .....	17
4.7	Hydraulineesteet .....	18
5	Tekninen dokumentointi .....	19
5.1	Yleisesti standardeista .....	19
5.2	Hydrauliikan dokumentoinnin standardit.....	19
5.3	Hydrauliikkajärjestelmän dokumentointi .....	20
5.3.1	Piirrosmerkit.....	20
5.3.2	Hydrauliikkakaaviot.....	20
5.3.3	Hydrauliikkakaavion osaluettelot.....	21

6	Massastabilointilaite .....	22
6.1	Muutoskohteet.....	24
6.2	Hydrauliikkajärjestelmän suunnittelu .....	24
6.3	Hydrauliikkajärjestelmän kuvaus .....	25
6.4	Hydrauliikkakaavio ja osaluettelo .....	26
6.5	Hydrauliikkajärjestelmän putkistotarvikkeet .....	27
6.6	Massastabilointilaitteen hydrauliikkaletkut .....	28
6.7	Hydrauliikan komponenttien mitoittaminen .....	28
6.7.1	Pumppu 1.0 .....	28
6.7.2	Pumppu 2.0 .....	29
6.7.3	Pumppu 3.0 .....	29
6.7.4	Venttiileiden mitoitus .....	30
6.7.5	Hydrauliikkaöljysäiliön mitoittaminen.....	32
6.7.6	Paluusuodattimen mitoittaminen .....	32
6.7.7	Hydrauliikan jäähdyttäjän mitoitus.....	32
6.8	Hydrauliikkajärjestelmän huolto.....	33
6.9	Vianhaku .....	33
7	Pohdinta.....	36
8	Yhteenveto.....	37
	Lähteet.....	38
	Liitteet	

## Symboliluettelo

PWM Pulssileveysmodulaatio

$p$  paine [Pa]

$Q$  Tilavuusvirta [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$Q_{\text{vteor}}$  Teoreettinen tilavuusvirta [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$n$  pyörimisnopeus [r/s]

$V_k$  Kierrostilavuus [ $\text{cm}^3$ ]

$\Delta p$  paine-ero, painemuutos, painehäviö, [Pa]

$T_{\text{teor}}$  Pumpun teoreettinen käyttömomentti

$\Delta p$  Paine-ero pumpun yli (Pa)

$\eta_{\text{hm}}$  hydraulis-mekaaninen hyötysuhde

## 1 Johdanto

Suomessa on paljon pehmeitä maa-alueita, joissa perinteisesti rakennettaessa joudutaan tekemään mittavia maamassojen vaihtoja. Maamassojen vaihto voidaan korvata massastabiloinnilla, jolloin päästään merkittäviin kustannussäästöihin. Massastabilointi on menetelmä, jolla saadaan pehmeät maa-alueet kantaviksi. Massastabilointimetelmässä pehmeään saveen, liejuun tai turpeeseen sekoitetaan sideainetta kaivinkoneeseen liitetyllä sekoitinlaitteistolla.

Työn tilaajana toimii Hyvinkään Tieluiska Oy. Työ käsittelee massastabilointilaitteen hydrauliiikan dokumentointia, joka on osa suurempaa muutoskokonaisuutta, jonka laite on käynyt läpi. Hydrauliiikan dokumentointi on pieni osa muutosprojetia, jonka tarkoituksena on parantaa massastabilointilaitteen luotettavuutta ja käytettävyyttä työmaaolosuhteissa. Laitteesta käytetään myös nimeä massastabiloinnin painesyötin, mutta tässä työssä sitä kutsutaan massastabilointilaitteeksi.

Teoriaosuudessa käydään aluksi läpi massastabilointi menetelmänä ja sen sovelluskohteita. Hydrauliiikan teoriaa käsitellään lyhyesti ja seuraava osio käsittelee hydrauliiikan komponentteja ja niiden toimintaa.

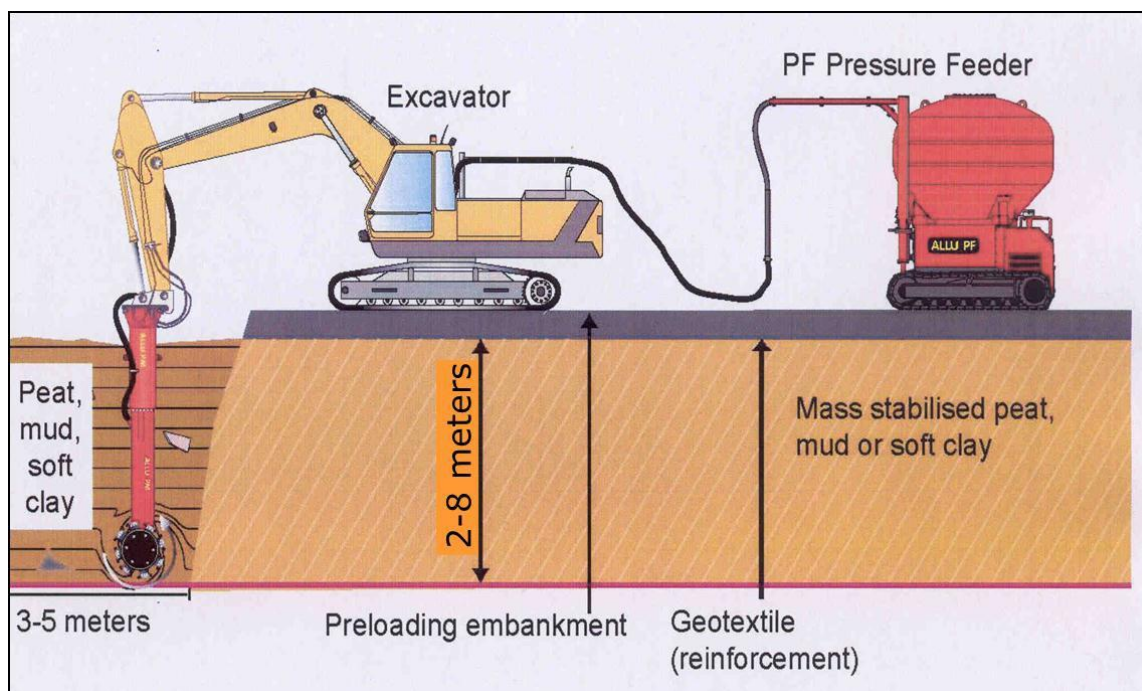
Teknistä dokumentointia käsitellään lyhyesti, jonka jälkeen alkaa hydrauliiikan dokumentointiin liittyvien standardien käsittely. Hydrauliiikan dokumentoinnin tärkein osa on hydrauliiikkakaavio ja sen osaluettelo. Teoriaosuudessa käydään läpi, mitä vaatimuksia hydrauliiikan dokumentoinnin standardit asettavat hydrauliiikan piirrosmerkeille, hydrauliiikkaaviolle ja osaluettelolle.

Työssä käydään läpi, miksi laitteen hydrauliiikkaa haluttiin muuttaa ja miten muutoksiin päädyttiin. Hydrauliiikan dokumentoinnin tärkein osa, hydrauliiikkakaavio ja osaluettelo, on luovutettu työn tilaajalle työn tuloksena.



## 2 Massastabilointimenetelmä

Massastabilointi on maaperän lujittamismenetelmä, jossa kuivaa sideainetta sekoitetaan pehmeään maa-ainekseen. Massastabilointi soveltuu savi-, turve- ja liejupohjaisten maa-massojen käsittelyyn. Massastabiloimalla saadaan hyödyntämättä jääneet, heikosti kantavat maa-alueet ja huonolaatuisetkin maa-ainekset käyttöön arvokkaampia luonnonmateriaaleja säästään. [1.], [2.] Massastabiloimalla voidaan lujittaa ylijäämämaita, joita voidaan rakentamisen myöhemmissä vaiheissa käyttää maisemointi- ja täyttökohteissa. Pilaantuneiden maamassojen massastabiloinnilla voidaan kiinteyttää massan koostumusta ja estää haitallisten aineiden liukenemista. [2.] Massastabilointimenetelmässä pehmeään saveen, liejuun tai turpeeseen sekoitetaan sideainetta kaivinkoneeseen liitetyllä erityisellä sekoitinlaitteistolla (kuva 1).



Kuva 1. Massastabilointimenetelmän ja laitteiston yleiskuvaus [1]

Sekoitus tapahtuu lamelleittain pysty- ja vaakasuunnassa, jolloin maahan syntyy sideainen vaikutuksesta tasaisesti lujittunut homogeeninen laattamainen vyöhyke, jonka vaaraan maarakenteet voidaan perustaa. Nykyisillä kaivinkoneisiin liitetyllä massastabilointilaitteilla päästään hyvissä olosuhteissa 7–8 metrin stabilointisyvyyteen. Painesyötin syötää yhtä tai kahta sideainetta paineilman avulla letkua pitkin kaivinkoneeseen liitettyyn sekoitinkärkeen. Sekoittimen päässä on suutin, josta sideaine purkautuu maahan. Sekoit-

timen pyörivät rummut sekoittavat sideaineen ja perusaineen yhtenäiseksi massaksi. Kainkoneen kuljettaja liikuttaa sekoitinkärkeä ylös, alas ja sivuittain stabiloitavassa massassa. Työalue on jaettu ruutuihin 3–5 m x 3–5 m, riippuen koneen ulottumasta (kuva 2). [1.]



Kuva 2. Stabiloitava alue on jaettu ruutuihin Jyväskylän Prisman työmaalla 2015 keväällä.

Stabilointi etenee ruutu kerrallaan ja stabiloinnin jälkeen stabiloitu pinta tasataan. Levitetään geotekstiili, suodatinkangas tai molemmat ja työalustatäyttö, jonka päältä stabilointia voidaan jatkaa (kuva 3). Joissakin kohteissa käytetään pelkästään työalustatäyttöä tai painopengertä, jonka alla lopullinen lujittuminen tapahtuu. Erityisesti turvepohjaiset stabiloitavat maamassat vaativat riittävän esikuormituspenkereen. Lopullinen lujuus saavutetaan noin 1–3 kk:n kuluessa. Stabilointia voidaan käyttää yhdessä pilaristabiloinnin kanssa. [1.]





Kuva 3. Stabilointia työalustatäytön päältä

Menetelmä soveltuu myös erittäin pehmeillä alustoilla paalutuskoneen työalustaksi. Massastabilointi tekee erittäin pehmeissä maalajeissa työpetiä itselleen työn edetessä. Tämä antaa etua esim. paalutukseen verrattuna.

Tyypillisimmät sideaineet ovat sementti- ja kalkkipohjaisia, mutta myös teollisuuden ylijäämätuotteita pystytään hyödyntämään, esim. lentotuhka, masuunikuona ja kipsi. Pilaantuneiden maa-alueiden neutraloinnissa käytetään kalkkia ja sammutettua kalkkia.

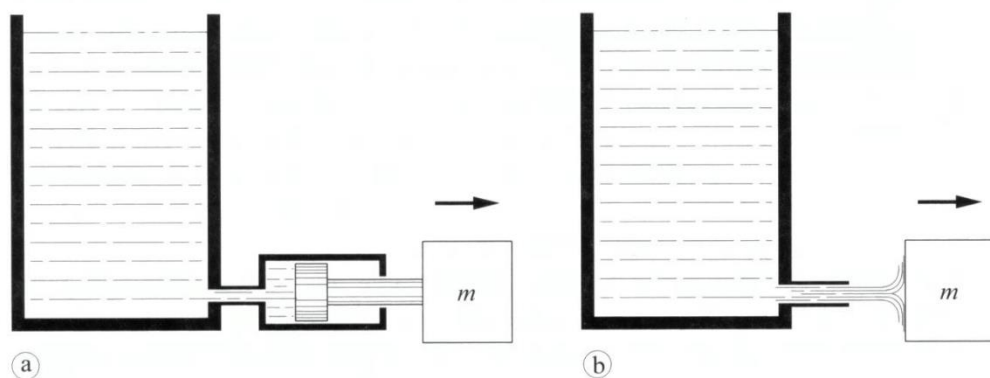
Massastabilointitekniikkaa voidaan hyödyntää esimerkiksi

- Teollisuusrakennusten ja siltojen pohjatyöt
- Piha-, parkki-, urheilu- ja varastoalueet
- Teiden, katujen ja rautateiden työmaiden pohjatyöt
- Kaapeli- ja putkilinjakanavien rakennustyömaat

- Erilaisten altainen perustukset
- Vedenalaiset suojakerrokset
- Pohjaveden suojakerrokset
- Jokien, järvien ja teiden pengerrykset
- Routasuojat
- Pilaantuneiden maiden eristäminen
- Myrkyllisen jätteen neutralointi
- Teollisuuden sivutuotteiden kierrättäminen
- Nestemäisten jätteiden kovettaminen [1.]

### 3 Hydrauliikka

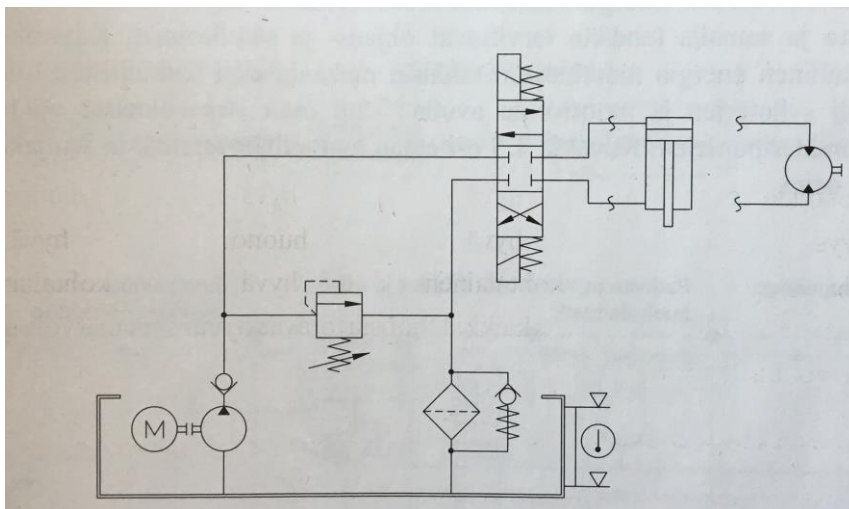
Hydrauliikka on voimansiirtoa nesteen välityksellä. Hydrauliikka on laajasti käytössä liikuvassa kalustossa, autoissa, lentokoneissa, laivoissa, junissa, rakennuskoneissa ja työ-koneissa. Teollisuudessa hydrauliikka on esimerkiksi työstökoneissa, paperikoneissa, pu-ristimissa. Aineella on kolme fysikaalista olomuotoa, kiinteä, neste ja kaasu. Neste on hyvä voiman välittäjäaine sen hyvin vähäisen kokoonpuristumattomuuden vuoksi. Ilmalla ja kaasuilla voidaan välittää myös voimaa, mutta niillä ei saada tarkkoja liikkeitä kaasun kokoonpuristuvuuden vuoksi. [3.] Nesteillä ei ole muotoa, vaan se muotoutuu olosuh-teiden mukaan. Neste menee kaikenkokoisten ja -muotoisten reikien läpi. Nesteessä paine on sama kaikkiin suuntiin, ja tämä ominaisuus antaa hyvät lähtökohdat tehon siir-toon nesteen välityksellä. Tässä työssä hydrauliikalla tarkoitetaan öljyn välityksellä tapah-tuvaa tehonsiirtoa. Hydrauliikkajärjestelmä muodostuu öljysäiliöstä, pumpusta, hallin-talaitteista ja toimilaitteista. Öljysäiliöstä öljy liikkuu letkua tai putkea pitkin pumpun imu-puolelle, josta se jatkaa matkaa hallintalaitteille ja lopulta toimilaitteelle. Toimilaitteelta öljy palaa takaisin öljysäiliöön. Hydrauliikkajärjestelmien etuja on sen joustavuus ja kompo-nenttien hyvä teho-painosuhde. Hydrauliset toimilaitteet voidaan viedä hankaliinkin paik-koihin, joihin ei pääse mekaanisella tehonvälityksellä ilman suuria muutoksia. [3.] Hyd-rauliikka jakautuu kahteen pääalueeseen: hydrodynamiikkaan ja hydrostaatiikkaan (kuva 4). [4]



Kuva 4. Hydrostaattinen (a) ja hydrodynaaminen (b) järjestelmä [4]

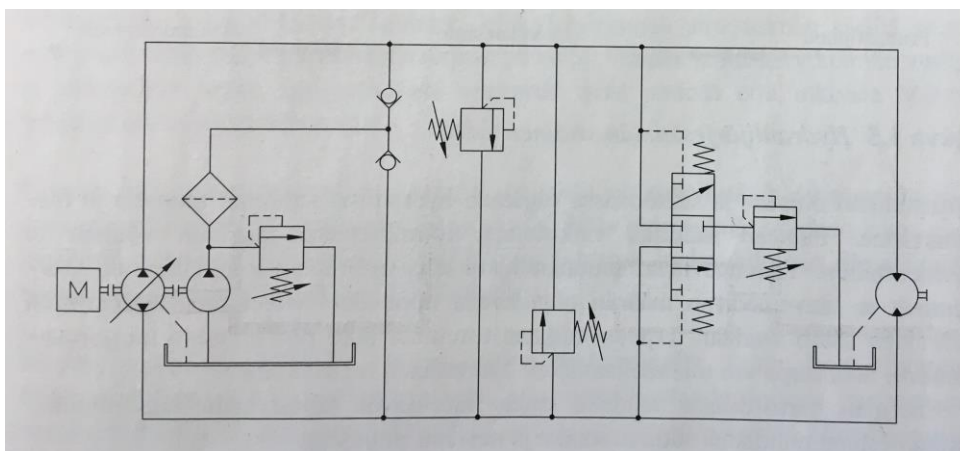
Hydrostaattiset hydrauliikkajärjestelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään niiden toiminta-tavan mukaan: avoimet järjestelmät ja suljetut järjestelmät. Avoimia järjestelmiä käytetään yleisesti teollisuudessa. Avoimissa järjestelmissä on tyypillisesti suuri hydrauliikkaöljysäi-

liö, josta neste imetään ja johon se palaa toimilaitteelta. Avoimen järjestelmän hydraulikkapumppu pumppaa vain yhteen suuntaa (kuva 5). Toimilaitteiden suuntaa voidaan muuttaa venttiileiden avulla. Sylinterikäytöt ovat yleisimpiä avoimella järjestelmällä, mutta moottorikäytötkin ovat mahdollisia.



Kuva 5. Avoin hydraulijärjestelmä [4]

Suljettu hydraulikkajärjestelmä on yleisesti käytössä moottorikäytöissä (kuva 6). Useimmiten suljetussa järjestelmässä on kaksisuuntainen muuttuvatilavuuksinen pumppu. Järjestelmä tarvitsee erillisen latauspumpun säiliöineen vuotojen kompensoimiseksi ja jäähdytystä varten. Pumpun kierrostilavuutta muuttamalla muutetaan liikenopeutta ja pumpun suuntaa muuttamalla muutetaan toimilaitteen liikesuunta. Järjestelmää voidaan kutsua pumppuohjatuksi. Teollisuushydrauliikassa mekaanisen energian lähteenä on yleisimmin sähkömoottori, joka pyörittää hydraulikkapumppua. Liikkuvassa kalustossa polttomoottorit ovat yleisimpiä mekaanisen energian lähteitä. [4.]



Kuva 6. Suljettu hydraulijärjestelmä [4]

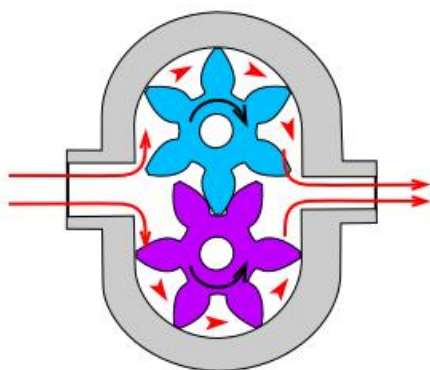
## 4 Hydrauliikkajärjestelmän komponentit

### 4.1 Pumput

Hydrauliikkapumput muuttavat mekaanisen tehon hydrauliseksi tehoksi. Mekaaninen teho on yleensä saatavilla pyörivässä muodossa joko sähkö- tai polttomoottorilta. Teollisuudessa sähkömoottorikäytöt ovat yleisiä ja polttomoottorikäytöt liikkuvassa kalustossa. Hydrauliikkapumput eivät tuota painetta, vaan tilavuusvirtaa. Paine syntyy vasta, kun tilavuusvirtaa kuristetaan toimilaitteella tai venttiilillä. [4.]

#### 4.1.1 Hammaspyöräpumput

Hammaspyöräpumput ovat vakio tilavuuspumppuja. Ne voidaan luokitella kahteen ryhmään hammasrattaiden lukumäärän ja sijainnin mukaan: ulkoryntöisiin pumppuihin ja sisäryntöisiin pumppuihin. Käsittelen tässä teoriaosuudessa pelkästään ulkoryntöisen hammaspyöräpumpun. Ulkoryntöisissä hammaspyöräpumpuissa toinen akseli on käyttöakseli, jota ulkoinen voima pyörittää. Öljy kulkee hammasrattaiden ja pumpun kuoren välissä ulkokehää pitkin imuliitännästä paineliitännään (kuva 7). [4.] Ulkoryntöiset hammaspyöräpumput ovat suosittuja liikkuvassa kalustossa. Suhteellisen korkea paine saavutetaan kevyellä rakenteella. Pumput toimivat laajalla kierroslukualueella ja ovat hinnaltaan alhaisia. [5.]



Kuva 7. Ulkoryntöisen hammaspyöräpumpun periaate ja tyypillinen pumppu

#### 4.1.2 Mäntäpumput

Mäntäpumput voidaan jakaa kolmeen ryhmään niiden mäntien sijoittelun perusteella.

1. Rivimäntäpumput
2. Radiaalimäntäpumput
3. Aksiaalimäntäpumput

Mäntäpumpuissa neste siirretään imuliitännästä paineliitântään mäntien edestakaisen liikkeen avulla. Mäntäpumput vaativat erillisen tilavuusvirran ohjausjärjestelmän, joka on toteutettu yleensä paineohjausventtiilein ja pakko-ohjausjakokaroin tai -levyin. Mäntäpumppujen rakenne mahdollistaa pienten välysten käytön, jolloin sisäiset vuodot saadaan pieniksi ja vuotohäviöt eivät kasva yhtä nopeasti kuin muilla pumpputyypeillä. [4.] Rivimäntäpumput ovat yleisiä dieselmootoreiden ruiskutuspumppuna (kuva 8).

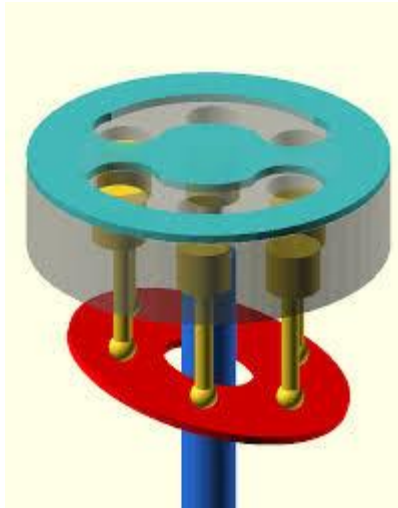


Kuva 8. Rivimäntäpumppu dieselmootorin ruiskutuspumppuna.

Radiaalimäntäpumppuja käytetään korkeaa painetta vaativissa kohteissa. Radiaalimäntäpumppujen männät sijaitsevat tähtimuodossa kohtisuoraan akselia kohti.

Vinolevypumpussa sylinteriryhmä pyörii käyttöakselin mukana (kuva 9). Vinolevypumppuja löytyy sekä kiinteätilavuuksisia että muuttuvatilavuuksisia. Kiinteätilavuuksisissa vinolevypumpuissa vinolevyn kulmaa ei voi muuttaa. Säättötilavuuksisessa vinolevypumpussa vinolevyn kulmaa muuttamalla muuttuu pumpun kierrostilavuus ja pumpun tuotama tilavuusvirta. [4.], [5.]

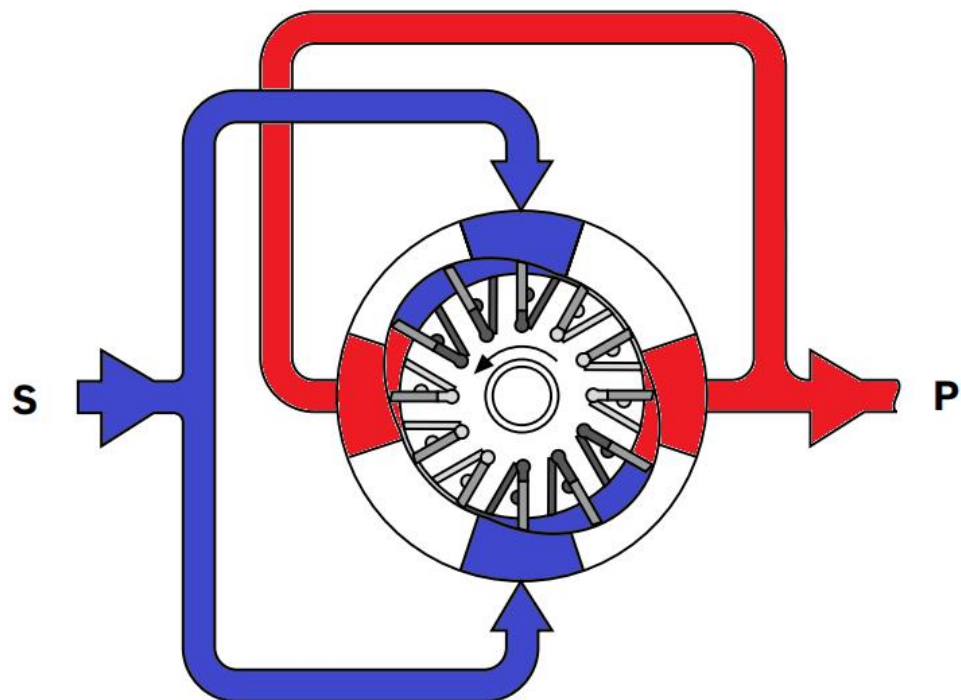




Kuva 9. Aksiaalimäntävinolevypumpun periaate

#### 4.1.3 Siipipumput

Siipipumput ovat hiljaisia ja hyviä imukyvyltään. Siipipumppuja on yksi- ja kaksikammioisia. Yksikammioiset siipipumput ovat yleensä säätötilavuuksisia ja kaksikammioiset ovat kiinteätilavuuksisia. Kuvassa 10 kaksikammioisen siipipumpun periaatekuva.



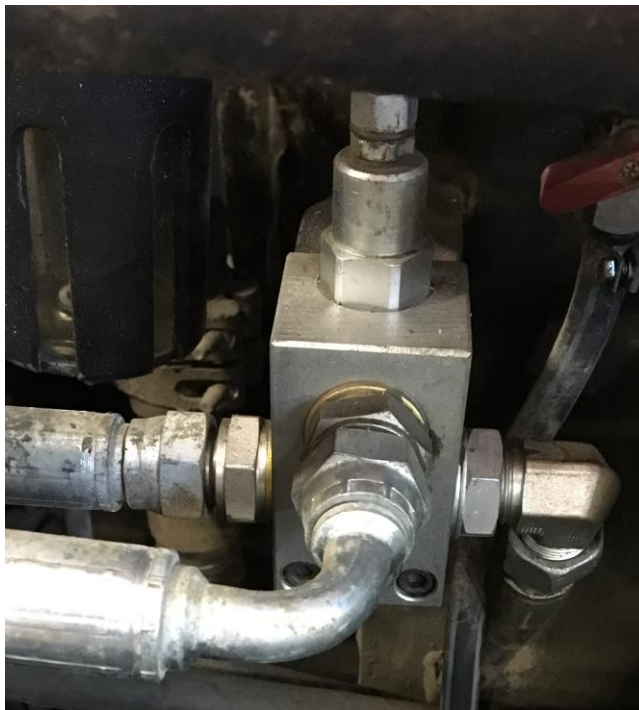
Kuva 10. Kaksikammioisen siipipumpun periaate (Bosch RD10338)

## 4.2 Venttiilit

Venttiilit toimivat hydraulikassa paineen, virtauksen ja suunnan säätämisessä ja ohjaamisessa. Venttiilit voidaan ryhmitellä suunta-, paine- ja virtausventtiileiksi. Venttiileiden sulkurakenteen perusteella venttiilit voidaan jaotella istukka- ja luistityyppisiin venttiileihin [4]. Venttiilit voidaan jaotella niiden liitännätavan mukaan putkistoasenteisiin, patruuna-, laatta-, lohko-, laippa- ja moduulirakenteisiin venttiileihin [6].

### 4.2.1 Paineventtiilit

Paineventtiileitä käytetään paineenrajoitukseen ja paineenalennukseen [4]. Kuvassa 11. putkistoon tai letkujen väliin asennettava paineenrajoitusventtiili.



Kuva 11. Paineenrajoitusventtiili

Patruunamallisissa venttiileissä voi olla sekä paineenalennus- ja paineenrajoitustoiminto samassa venttiilissä (kuva 12). [7.]



Kuva 12. Patruunamallinen paineenalennus ja paineenrajoitusventtiili

Hydrauliikan paineensäädöllä säädetään toimilaitteelta saatavaa voimaa ja momenttia. Paineenrajoituksella suojellaan hydrauliikkapumppua ja toimilaitteita ylikuormitukselta. [4.]

#### 4.2.2 Virtausventtiilit

Virtausventtiileillä säädetään toimilaitteiden liikenopeutta rajoittamalla virtausta. Virtaus johdetaan tankkiin joko paineenrajoitusventtiilin kautta tai virtauksensäätöventtiililtä lähtevän tankkilinjan kautta. Virtauksensäätöventtiileitä on sekä paineesta riippuvia että paineesta riippumattomia. Paineekompensoitu virtauksensäätöventtiili säilyttää lähes saman virtauksen kuormituksesta riippumatta. [4.], [5.]

#### 4.2.3 Suuntaventtiilit

Suuntaventtiileillä ohjataan toimilaitteiden liikesuuntia. Suuntaventtiilit jaotellaan liitännöjen ja kytkentäasentojen mukaan. 4/3-suuntaventtiili tarkoittaa neljää liitännäporttia ja kolmea eri kytkentäasentoa. Suuntaventtiileitä on päälle / pois-tyyppisiä venttiileitä ja portaattomasti ohjattuja venttiileitä. Päälle / pois-venttiileitä kutsutaan yleisesti ON / OFF-venttiileiksi. Portaattomasti ohjattuja suuntaventtiileitä kutsutaan proportionaaliventtiileiksi. [4.]

#### 4.2.4 Vastaventtiilit

Vastaventtiileillä estetään virtaus toiseen suuntaan. Vapaavirtaussuunta on piirretty venttiiliin joko nuolella tai piirrosmerkillä. Kuvan 13 vastaventtiilissä virtaussuunta oikealta vasemmalle. Vastaventtiileitä on esiohjattuina ja ilman esiohjausta. Esiohjatut vastaventtiilit ovat yleisiä sylinterien lukituksissa. Sylinterin liike toiseen suuntaan on estetty, ennen kuin ohjauspaine avaa venttiilin [4], [5].



Kuva 13. Putkistoasenteinen vastaventtiili

#### 4.2.5 Vaihtovastaventtiilit

Vaihtovastaventtiilillä voidaan toteuttaa hydraulikassa TAI-toiminto. Kuvan 14 vaihtovastaventtiilissä on kaksi tuloliitäntää sivuilla ja yksi lähtöliitäntä ylhäällä. Kuula tai mäntä sulkee matalapaineisemman liitännän ja korkeapaineisempi liitäntä yhdistyy venttiilin V-porttiin. [4.]



Kuva 14. Vaihtovastaventtiili

### 4.3 Hydraulikkamootorit

Moottorit muuntavat hydraulisen tehon mekaaniseksi energiaksi. Moottoreita löytyy mäntä-, hammasratas-, siipi- ja ruuvityyppisiä. Moottorin valinnassa on parempi tapa luokitella moottorit niiden pyörimisnopeuden mukaan. Hidaskäyntiset moottorit pyörivät 1–150 r/min. Keskinopeuksiset moottorit pyörivät 10–750 r/min ja nopeakäyntiset moottorit pyörivät 300–5000 r/min. On olemassa vakiotilavuusmoottoreita ja säätötilavuusmoottoreita. Moottoreiden tilavuudensäätö voi olla portaallinen tai portaaton. Moottoreita löytyy yhteen suuntaan pyöriviä sekä kahteen suuntaan pyöriviä. [4.] Yleensä kahteen suuntaan pyörivät moottorit vaativat erillisen kotelon vuotolinjan [5]. Moottorit muistuttavat ulkoisesti hyvin paljon pumppuja, ja osaa niistä voi käyttää pumppuna tai moottorina [5], [6].

#### 4.3.1 Orbitaalimoottorit

Orbitaalimoottoreita käytetään kohteissa, joissa vaaditaan suuri vääntömomentti ja pieni koko. Kuvan 15 moottorin akseli pyörii 1/7 kierroksen yhden hammaskehän kierroksen aikana, josta johtuen moottorilla saavutetaan suuri kierrostilavuus ja pieni fyysinen koko. Orbitaalimoottoreissa voi ulkokehän hampaiden tilalla olla myös rullat. Ulkokehällä on aina yksi hammas enemmän kuin sisäkehällä [5].



Kuva 15. Orbitaalimoottorin pumppupesä kauhan pyörittäjän moottorista

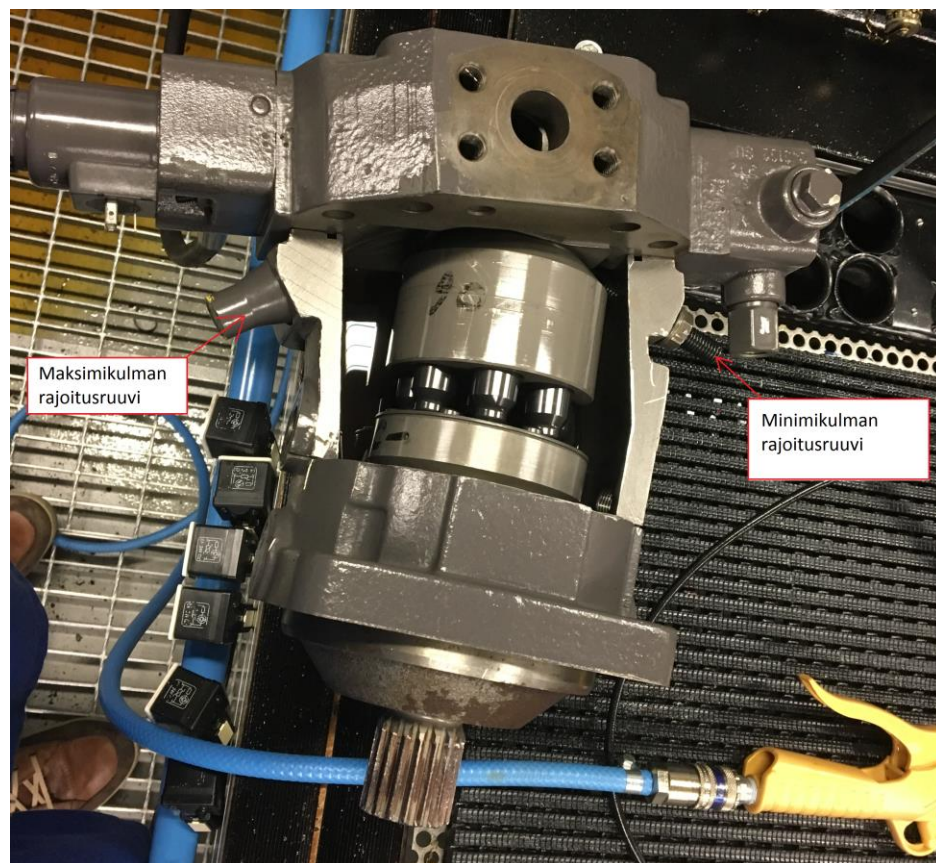


#### 4.3.2 Ulkokoryntöiset hammasratasmootorit

Ulkokoryntöinen hammasratasmoottori muistuttaa vastaavan tyypistä pumppua. Toimintaperiaate on päinvastainen pumppuun verrattuna. Moottorissa hydraulinen teho muutetaan mekaaniseksi tehoksi. [4.]

#### 4.3.3 Mäntämoottorit

Mäntämoottoreita on useaa erilaista tyyppiä. Vinoakselimäntämoottoreita on sekä kiinteitä tilavuuksisia että säätötilavuuksisia [5]. Kuvassa 16 säätötilavuuksinen vinoakselimoottori, joka on liikkuvan kaluston sovelluksissa ajomoottorina hyvin yleinen.



Kuva 16. Säätötilavuuksinen vinoakselimoottori

#### 4.4 Sylinterit

Hydrauliikkasylinterit kuuluvat hydrauliikan toimilaitteisiin. Sylinterit muuttavat hydraulisen tehon mekaaniseksi tehoksi. Paine ja pinta-ala määräävät voiman suuruuden, pinta-ala ja virtausnopeus liikenopeuden. Hydrauliikkasylintereitä löytyy yksi- sekä kaksitoimisia. Kuvas-  
sa 17 kaksitoiminen sylinteri. Yksitoimiset sylinterit palautuvat perustilaansa joko ulkoisen voiman avulla tai jousen avulla. Yksitoimisissa sylintereissä on vain yksi öljyliitäntä. Yksitoimisia sylintereitä käytetään esim. puristimissa ja nostolaitteissa, joissa sylinteri on sijoitettu kuorman alapuolelle. [4.]



Kuva 17. Kaksitoiminen hydrauliikkasylinteri

#### 4.5 Hydrauliikkasäiliöt

Hydrauliikkasäiliö toimii hydrauliikkajärjestelmässä nestevarastona, lämmön siirtimenä ja osien asennus- ja alustana. Sen tehtävänä on toimia myös kaasun ja nestemäisen liian erottimena. Suurin osa kiinteistä likahiukkasista saadaan poistettua suodattamalla, mutta öljyyn sekoittuneet kaasut ja nesteet on helpointa poistaa luontaisen erottumisen avulla. Kaasukuplat nousevat nesteen pintaan, ja hydrauliikkaöljyyn sekoittunut neste, joka on useimmiten vettä, painuu pohjaan. Veden tiheyden täytyy olla suurempi kuin käytettävän hydrauliikkanesteen, jotta luontainen erottuminen toimii. Usein säiliön kanteen on asennettu paluuöljysuodatin, jonka läpi säiliöön palaava hydrauliikkaöljy saapuu. Vuotolinjat voi olla kytketty erillisinä liitäntöinä ohi paluusuodattimen. Kaikissa paluulinjoissa on syytä huomioida, että ne täytyy tuoda nestepinnan alapuolelle vaahtoamisen estämiseksi. Vuotokanavat voivat tulla nestepinnan ylä- tai alapuolelle. Nestepinnan yläpuolelle tulevat vuotokanavat voivat aiheuttaa vaahtoamista ja tätä asennustapaa on vältettävä. [4.]

#### 4.6 Letkut

Letkuja käytetään putkien sijasta silloin, kun yhdistetään liikkuvia osia toisiinsa tai putkiston koko on epäedullinen asennustilaan nähden. Letkuilla estetään mekaanisten värähtelyjen eteneminen järjestelmässä. Letkujen yleisimmät materiaalit ovat synteettiset kumi- laadut, kuten nitrili ja neopreeni. Myös polyamidia ja polyesteriä käytetään termoplasti- sissa letkuissa. Harvinaisempia letkumateriaaleja ovat teflon ja metalli, joita käytetään eri- koisolissa. Hydraulikkaletkut jaetaan niiden paineenkeston mukaan matalapaineletkui- hin, keskipaineletkuihin ja korkeapaineletkuihin. [4.]

##### Letkuliittimet

Hydraulikan letkuliitintyyppejä on useita erilaisia. Tiivistys perustuu metallien väliseen tiiv- vitykseen, elastiseen tiivistykseen tai näiden molempien yhdistelmään. Käsittelen tässä teoriaosuudessa kaksi metallien väliseen tiivistykseen perustuvaa letkuliitintyyppiä. JIC 37 on letkuliitintyyppi, joka perustuu standardiin ISO 8434-2. JIC 37 liittimessä on UNF kierteet ja 37° kartio ulkokierteisen osan ulkoreunassa [6.] Kuvassa 18 vasemmalla JIC- liittimen periaate, keskellä ulkokierteinen JIC-letkuliitin ja oikealla sisäkierteinen JIC-letku- liitin.



Kuva 18. JIC 37° periaate, ulkokierteinen JIC letkuliitin ja sisäkierteinen JIC letkuliitin

Toinen käsiteltävä letkuliitintyyppi on BSP 60° kartiolla. BSP liittimen standardi on B5200. BSP liittimessä on kartio ulkokierrelittimen sisäreunassa. Kuvassa 19 BSP liittimen peri- aate vasemmalla, keskellä ulkokierteinen letkuliitin ja vasemmalla sisäkierteinen letkuliit- tin. Liittimestä on myös olemassa versio, missä on elastinen ja metallien väliseen tiivis- tuspintaan perustuva tiivistys. Liittimen standardi on ISO-12151-6. [8.] Liittimen kierre BSPP (British Standard Pipe Parallel) on tuumamitoituksella oleva lieriömäinen putki- kierre. Kierrettä kutsutaan G-kierteeksi Saksaa ja Suomea lukuun ottamatta. Saksassa kierretyyppitunnetaan Withworth-kierteenä ja Suomessa kierrettä on virheellisesti kutsuttu



R-kierteeksi jo vuosikymmeniä. Kartiokierteinen versio on BSPT (British Standard Pipe Taper) ja kierteen tunnus on R. [9.]



Kuva 19. BSP-liittimen periaate, ulkokierteinen letkuliitin ja sisäkierteinen letkuliitin

#### 4.7 Hydraulinesteet

Hydrauliikkanesteelle on monta tärkeää tehtävää järjestelmän toiminnan kannalta. Tärkein tehtävä on tehon välittäminen pumpulta toimilaitteelle. Muita hydrauliikkanesteen tehtäviä ovat liikkuvien osien voitelu, likahiukkasten kuljetus suodattimelle ja lämmön siirto kuumista osista pois. [10.] Hydrostaattisten järjestelmien hydrauliikkanesteet voidaan jaotella neljään eri ryhmään niiden perusnesteen mukaisesti. Nesteet ovat: mineraaliöljypohjaiset nesteet, vaikeasti syttyvät nesteet, biologisesti nopeasti hajoavat nesteet ja elintarvikehydrauliikan nesteet. [4.] Hydrauliikkaöljyt ja teolliset voiteluaineet luokitellaan niiden kinemaattisen viskositeetin mukaisesti ISO-VG-luokkiin.

## 5 Tekninen dokumentointi

Tekninen dokumentointi on osa teknistä viestintää. Siihen kuuluvat esimerkiksi käyttöohjekirjat, varaosakirjat ja huolto-oppaat. [11.] Teknisten asikirjojen kirjoittaminen lukijalle ymmärrettävään muotoon vaatii harjaantuneisuutta ilmaista asiat selkeästi.

### 5.1 Yleisesti standardeista

Standardisointi on luotu yhtenäistämään toimintatapoja, se helpottaa kotimaista ja kansainvälistä kauppaa. Standardisointi lisää tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta. Suomessa standardeiden myynnistä ja levityksestä vastaa SFS ry. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys METSTA ry vastaa teknologiateollisuuteen kuuluvien kone- ja metallituoteteollisuuden, metallien jalostuksen, talotekniikan sekä energianhallinnan eurooppalaisesta ja kansainvälisestä sekä kansallisesta standardisoinnista. Sesko ry on sähkötekniillisen alan standardisimisjärjestö Suomessa. ISO on maailmanlaajuinen kansallisten standardisimisjärjestöjen liitto. Turvallisuusstandardit jaetaan A-tyypin, B-tyypin ja C-tyypin standardeihin. A-tyypin standardi käsittelee turvallisuutta yleisellä tasolla, se on turvallisuuden perustandardi. B-tyypin standardit ovat tarkentavia turvallisuuden ryhmästandardeja. C-tyypin standardit ovat konekohtaisia turvallisuusstandardeja. [12.]

### 5.2 Hydrauliiikan dokumentoinnin standardit

Hydrauliikkajärjestelmän dokumentointia koskevia standardeja on useita. Standardissa ISO 1219-1 on kuvattuna piirrosmerkit. Standardissa ISO 1219-2 on kaavioiden esimerkit ja komponenttien merkintä kaavioissa. Standardi ISO 1219-3 on jatkoa standardille ISO 1219-2, hydrauliikkakaaviosta löytyy tarkemmat esimerkit ja kuvaukset. Standardi ISO 4413 käsittelee hydraulista tehonsiirtoa sekä niiden komponentteja koskevat yleiset periaatteet ja turvallisuusvaatimukset. ISO 5598-standardista löytyy hydrauliiikan ja pneumaatiikan sanasto. Osasta standardeista on myös kansallisesti vahvistettu versio. SFS-ISO 1219-1, SFS-EN ISO 4413, SFS-ISO 5598 löytyvät suomen kielellä. Standardista ISO 1219-2 ja ISO 1219-3 ei löydy vielä kansallisesti vahvistettua versiota. Standardi ISO-17165-1 käsittelee hydrauliikkaletkujen merkintää.

### 5.3 Hydraulikkajärjestelmän dokumentointi

#### 5.3.1 Piirrosmerkit

Hydraulikkajärjestelmän dokumentoinnin tärkein osa on hydraulikkakaavio. Kaavion piirtämistä varten täytyy tietää jokaisen komponentin piirrosmerkki. Piirrosmerkit muodostuvat perussymbolista ja siihen liittyvistä lisäosista. Pumppujen ja moottoreiden perusmerkki on ympyrä. Venttiileiden perussymboli on neliö. Suodattimien, jäähdyttimen ja huoltolaitteiden perussymboli on kärjellään seisova neliö. Hydraulikkakomponentit muodostetaan yhdistämällä perus- ja lisäosia toisiinsa, jolloin saadaan valmis piirrosmerkki kaaviota varten. Piirrosmerkkien standardit eivät välttämättä sisällä kaikkia komponentteja, joita on saatavilla. Silloin piirrosmerkit ovat valmistajan itsensä määrittämiä. Valmistajan itsensä määrittämät piirrosmerkit pohjautuvat yleensä standardipiirrosmerkkeihin. [4.]

#### 5.3.2 Hydraulikkakaaviot

Hydraulikkakaavion tarkoituksena on kuvata hydraulikkajärjestelmän toiminta mahdollisimman tarkasti. Standardissa ISO 1219-2 ja ISO 1219-3 on määritelty, mitä arvoja säätö-, toimi- ja huoltolaitteista pitää ilmoittaa. Hydraulikkakaaviossa on ilmoitettava seuraavat tiedot hydraulikkaöljysäiliöstä: pienin ja suurin öljytilavuus, öljyn tyyppi, luokka ja viskositeetti ISO 6743-3 ja ISO 3448 mukaan. Säiliön korkein sallittu paine on ilmoitettava kaaviossa, jos säiliössä ei ole huohotinta ulkoilmaan. Kiinteätilavuushydraulikkapumpuista on ilmoitettava korkein sallittu kierrosluku kierroksina minuutissa ja kierrostilavuus  $\text{cm}^3$ . Säätötilavuuspumpuista on ilmoitettava kaaviossa suurin nimellinen tuotto litroina minuutissa tai korkein kierrostilavuus  $\text{cm}^3$  ja säädön asetusarvo. Energianlähteestä on ilmoitettava nimellisteho kilowatteina (kW) ja nimelliskierrosnopeus. Sylintereistä on ilmoitettava sylinterin halkaisija, varren halkaisija ja iskun pituus millimetreissä. Kiinteätilavuusmoottoreista on kaaviossa ilmoitettava kierrostilavuus  $\text{cm}^3$ . Muuttuvatilavuusmoottoreista on ilmoitettava suurin ja pienin kierrostilavuus  $\text{cm}^3$ , nimellisvääntö Nm ja nimellispyörimisnopeus kierroksina minuutissa. Virtausventtiileiden asetusarvo, asentokulma tai säädön kierrokset on ilmoitettava. Myös asetusarvon muutoksen vaikutus liikenopeuteen on mahdollinen ilmoitustapa virtausventtiileille. Paineventtiileiden ja paineakytkimien asetusarvo pitää ilmoittaa kPa-, Mpa- tai bar-muodossa. Suuttimien ja ei-säädettävien virtausventtiilien virtausaukon halkaisija pitää ilmoittaa millimetreissä. Suodattimen suodatusteho

pitää ilmoittaa ISO 16889 standardin mukaisesti. [ISO 1219-2]. ISO 16889-standardin suodatuskyky  $\beta$ -arvo ilmoittaa tietyn kokoiset hiukkaset ennen suodatinta ja suodattimen jälkeen. Kokeessa suodattimeen tulevaan virtaukseen lisätään ennalta määriteltyä koe-pölyä ja toteutetaan hiukkaslaskenta ennen suodatinta ja suodattimen jälkeen. Kokeen aikana seurataan suodattimen yli vallitsevaa paine-eroa, kunnes paine-ero kasvaa yli sallitun arvon ja suodatin on tukkeutunut. [4.]

### 5.3.3 Hydraulikkakaavion osaluettelot

Hydraulikkakaavion osaluettelolle on annettu minimivaatimukset tiedoista, jotka siitä tulee löytyä. Standardin ISO 1219-2 mukaisessa osaluettelossa on osan numero kaaviossa, osan kuvaus ja osan tyyppinumber. Muitakin tietoja osaluettelossa voi ilmoittaa, mutta niitä ei vaadita ISO 1219-2-standardissa. Standardin ISO 1219-2 esitystapa poikkeaa SFS-ISO 7573-esitystavasta, joka käsittelee teknisten tuoteasiakirjojen osaluetteloita. [ISO 1219-2], [SFS-ISO 7573]

## 6 Massastabilointilaite

Projektin lähtötilanne on vuonna 2004 rakennettu ALLU PF-painesyötin (kuva 20).



Kuva 20. Allu PF-painesyötin

Allu Pf 7+7-painesyötin on teloilla liikkuva kokonaisuus, jossa on kaksi painesäiliötä. Painesäiliöstä syötetään letkua pitkin jauhemaisia aineita kaivinkoneeseen liitettyyn sekoitin-päähän. Laitteen pääyksikkö on HATZ-dieselmoottori, joka käyttää yhtä tuplahydrauli-pumppua sekä kiilahihnavälityksellä kompressorina. Hydraulijärjestelmällä ohjataan telas-tojen sekä sulkusyöttimen pyörimisnopeutta.

Sideaineen määrää tarkkaillaan kolmella vaa'alla per säiliö, joihin painesäiliöt on tuettu. Syötettävä lisäaineen määrä voidaan ohjelmoida etukäteen työmaakohtaisesti. Lisäai-  
neen syöttö aloitetaan ohjauspaneelilla kosketuskuvaketta painamalla. Ohjauspaneelin  
näytössä näkyvät myös järjestelmän tärkeimmät arvot. Painesyötintä on mahdollista oh-  
jata peruskoneen hytistä tai välittömästi painesyöttimen vierestä riippuen siitä, mihin lii-  
tántärasiaan ohjauspaneeli on kytketty. [13.]

Painesyöttimeen tehdään perusteellinen kunnostus ja modernisointi. Lähtötilanteessa koneen logiikkaohjaus on poissa käytöstä ja koneen yleiskunto on huono. Kuvassa 21 laitteen sähkökaappi lähtötilanteessa.



Kuva 21. Sähkökaappi

Ohjausjärjestelmän vikojen vuoksi työmaalla oli tehty ”leipälaatikko”-ohjausjärjestelmä, jotta työmaa saatiin valmistumaan (kuva 22). Kyseinen kone on ollut mukana Vuosaaren satama-alueen stabiloinnissa, joka on ollut yksi suurimmista Suomessa toteutetuista.



Kuva 22. Leipälaatikko-ohjausjärjestelmä

## 6.1 Muutoskohteet

Hydrauliikan muutostyö käynnistettiin tarvittavien muutosten kartoituksella yhdessä työn tilaajan kanssa. Laitteen ongelmista ja muutoskohdista koottiin lista ja niiden toteuttamiseksi ryhdyttiin töihin. Laitteen toiminnassa oli suuria ongelmia erityisesti kylmissä olosuhteissa.

Lista muutoskohteista:

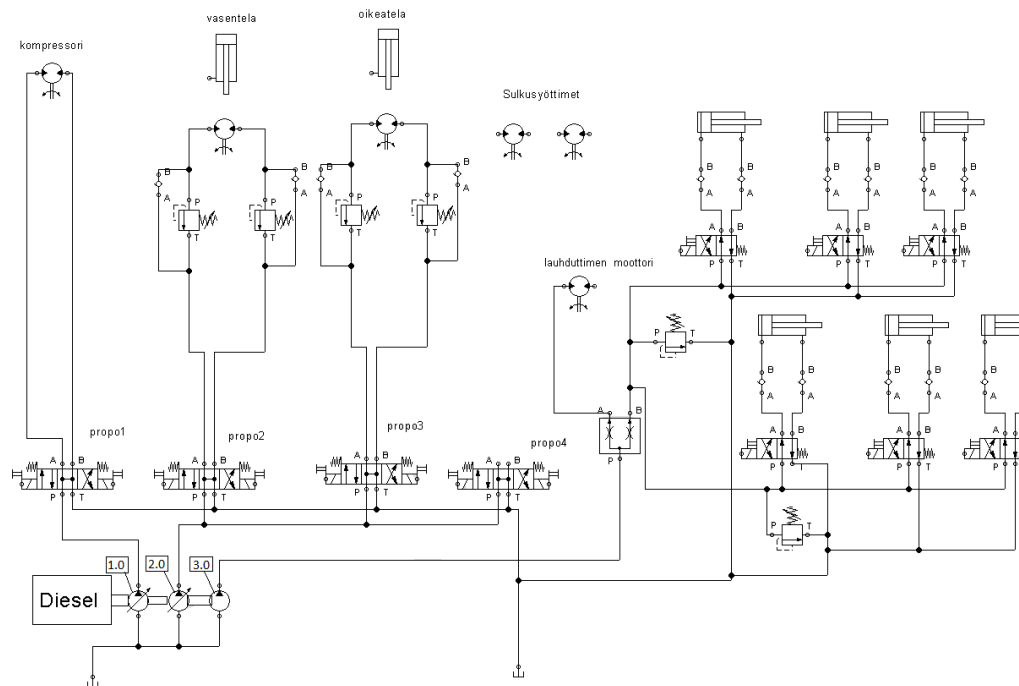
- Langallisen ohjausjärjestelmän vaihto langattomaan ohjausjärjestelmään
- Pneumatiikkatoimisista venttiileistä luopuminen painesäiliöiden ohjauksessa ja siirtyminen hydrauliikkatoimisiin venttiileihin (Flowrox)
- Telanajon hydrauliikkaan lisää tehoa
- Hydrauliikkaöljymäärän kasvattaminen
- Hydrauliikkaöljyn jäähdyttimen kapasiteetin kasvattaminen
- Kompressorin muutos hihnakäytöstä hydrauliikka käytölle
- Uusi logiikkaohjaus
- Polttoainetankin suurentaminen, jotta koneella pystyy tekemään yhden työvuoron ilman tankkausta
- Vaakojen alle värinää vaimentavat kumityynyt jotta vaakojen toimintavarmuutta saadaan kasvatettua.

## 6.2 Hydrauliikkajärjestelmän suunnittelu

Hydrauliikkajärjestelmän suunnittelussa on määriteltävä aluksi koneen tarkoitettu käyttölämpötila-alue. Massastabilointilaitteelle määriteltiin  $-20\text{ °C} + 30\text{ °C}$ .

Ennen hydrauliikkasuunnittelun aloittamista aihe vaati perehtymistä alaan liittyvään kirjallisuuteen. Vajaan viikon perehtymisen jälkeen hahmottelin ensimmäiset raakaversiot hydrauliikkakaaviosta ruutupaperille. Sain hyväksynnän Feston Fluidsim Hydraulics ohjelman hankintaan, jolla tein yksinkertaistetuilla piirrosmerkeillä piirretyn hydrauliikkakaavion.

Hydrauliikkakomponenttien valinnassa oli rajoittavana tekijänä Hatz 4L41C-dieselmoottorin teho 47,4 kW 2900 kierroksella minuutissa (liite 1). Tämä loi omat haasteensa saada kaikki toiminnot toteutettua hydrauliikan voimalla. Hydrauliikan esisuunnitelmassa päädyttiin kolmen hydrauliikkapumpun järjestelmään, jossa on kaksi muuttuvatilavuuksista aksiaalimäntäpumppua ja yksi kiinteätilavuuksinen hammasrataspumppu (kuva 24). Suunnitelman perusteella tilattiin hydrauliikkapumput.



Kuva 23. Hydrauliikkajärjestelmän esisuunnitelma

### 6.3 Hydrauliikkajärjestelmän kuvaus

Hydrauliikkajärjestelmän pumput saavat voiman Hatz-moottorin kampiakselilta. Pumput pyörivät akselin päästä katsottuna myötäpäivään. Moottorin ja pumpun välissä on joustokytkin. Ensimmäiseltä hydrauliikkapumpulta (1.0) virtaus menee suuntaventtiilille, jota logiikka ohjaa sähköisen paineenalennusproportionaaliventtiilin avulla (liite 3). Toisen pumpun (2.0) painelinja menee "sandwich"-tyyppiselle 3-lohkoiselle suuntaventtiilille (kuva 24). Suuntaventtiilin kaksi ensimmäistä lohkoa on telanajoa varten. Telan ohjaus toimii kauko-ohjaimella tai venttiilin ohjausvivuilla (kuva 24). Kauko-ohjaimelta ohjaussignaali menee vastaanottimeen ja logiikalta menee käsky paineenalennusproportionaaliventtiilille. Venttiilin ulkoinen ohjausvipuvaihtoehto on valittu vikatilanteiden varalle.





Kuva 24. Kauko-ohjain ja "sandwich"-tyyppinen kolmilohkoinen venttiili

Venttiilin kolmas lohko on sulkusyöttimiä varten. Sulkusyöttimen lohkolta paine menee 6/2- valintaventtiilille, josta voidaan valita, kumman säiliön sulkusyötintä käytetään. Kolmas kiinteätilavuuksinen hammasrataspumppu 3.0 kuvassa 23 on sementinohjauksen, ilmanohjauksen ja hydraulikan jäähdyttimen moottoria varten. Kolmannen pumpun paine menee virtauksensäästöventtiilille, josta se haarautuu sementin / ilman ohjaukseen ja hydraulikan jäähdyttäjän ohjaukseen.

Kompressorin, sulkusyöttimien, ilman ja sementin ohjausventtiileitä hallitaan tietokoneen näytöltä kaivinkoneen ohjaamosta. Massastabilointilaitteen ja kaivinkoneen ohjaamossa sijaitsevan tietokoneen välillä on langaton yhteys, jota pitkin ohjauskäskyt siirtyvät. Alkuperäinen ohjausjärjestelmä toimi langallisen yhteyden avulla. Työmaaolosuhteissa ilmenneiden ongelmien vuoksi siirryttiin langattomaan järjestelmään.

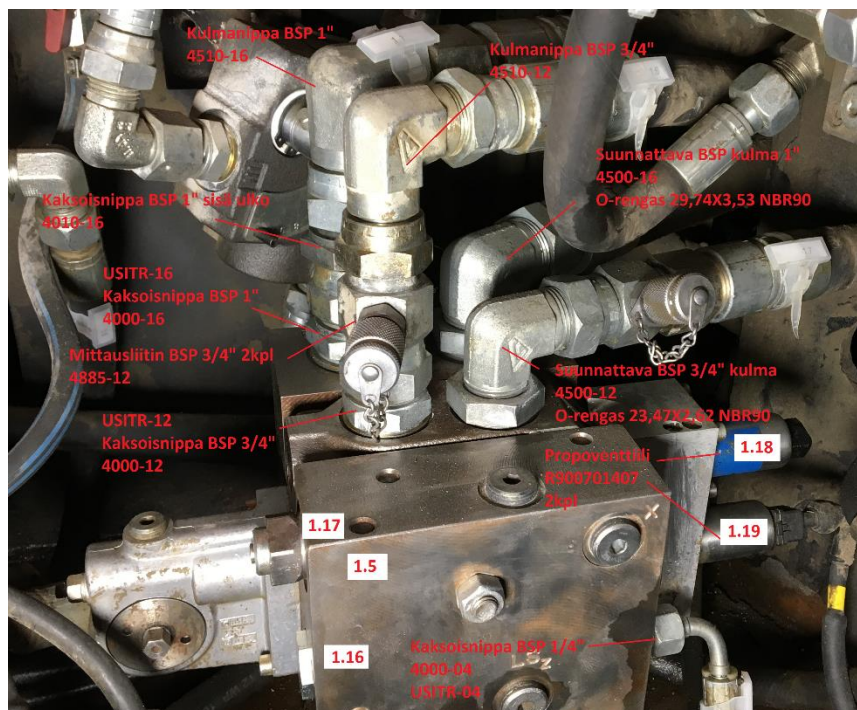
#### 6.4 Hydraulikkakaavio ja osaluettelo

Hydraulikkajärjestelmän dokumentoinnissa tärkein osa on hydraulikkakaavio ja sen osaluettelo. Koko järjestelmän hydraulikkakaaviota ja osaluetteloa ei julkaista kokonaisuudessaan tässä opinnäytetyössä. Hydraulikkakaavio on piirretty yhdelle A0 kokoiselle lehdelle Bosch Rexrothin Scheme Editorilla. Kaavioiden piirrosmerkit on piirretty ohjelman lisäosalla Symbol Editorilla. Standardissa ISO 1219-2 suositellaan kaavion piirtämistä A4- tai A3-kokoiseksi tai jakamista useampaan osaan. Kaavion lukemisen kannalta pidän järkevämpänä piirtää kaavio yhdelle lehdelle. Vianetsinnässä yhdelle lehdelle piirretty kaavio helpottaa koko järjestelmän komponenttien hahmotusta ja ymmärtämistä. Kaaviot ja osa-

luettelot tulevat kokonaisuudessaan työn tilaajan Hyvinkään Tieluiska Oy:n käyttöön. Kaavion symbolit on piirretty standardin ISO-1219-1 piirrosohjeiden mukaan. Kaavion piirtämisessä on pyritty noudattamaan standardien ISO 1219-2 ja ISO 1219-3 ohjeita ja esimerkkejä mahdollisimman tarkasti. Kaavioiden piirtämisen yhteydessä hankin edellä mainitut standardit SFS:ltä Hyvinkään Tieluiska Oy:n käyttöön. Liitteen 2 kuvassa on ajon ja sulkusyöttimien ohjausventtiili. Venttiili on piirretty viiva viivalta Symbol Editorilla ja yhdistetty Scheme Editorissa itse kaavioon. Ajallisesti yksityiskohtaisen hydraulikkakaavion piirtäminen vei reilun viikon verran aikaa.

## 6.5 Hydraulikkajärjestelmän putkistotarvikkeet

Hydraulikkakaavioon ei ole piirretty lähtöliittimiä eikä muita putkistotarvikkeita. Osat on kuvattu ja kuviin on merkitty liittimen tyyppi ja varaosanumero. Varaosanumerot on tehty Salhydro Oy:n putkistotarvikkeiden varaosainnoinnin mukaisesti. Kuvassa 25 on kompressorin ohjausventtiili. Kuvaan on merkitty myös osanumerot, jotka ovat näkyvissä hydraulikkakaaviossa. Hydraulikkakaavion osaluettelossa on yhtenä sarakkeena tietolehden numero. Liitteessä 2 on esimerkkinä osanumeroiden 1.18 ja 1.19 tietolehti.



Kuva 25. Kompressorin ohjausventtiili

## 6.6 Massastabilointilaitteen hydraulikkaletkut

Hydrauliikkaletkut on merkitty hydraulikkakaavioon ja niiden ”resepti” löytyy hydraulikkakaavion osaluettelosta. Hydrauliikkaletkuja asennettiin koko järjestelmään yhteensä 57 kpl. Letkua on kokonaisuudessa yli 100 metriä. Hydrauliikkaletkut toimitti Dunlop Hiflex, mutta letkureseptit on tehty Salhydro Oy letkuliittimien ja letkujen mukaisesti. Konetta rakennettaessa Hyvinkään Tieluiska Oy:n korjaamolla ei ollut vielä hydraulikkaletkujen valmistusta. Nykyisin korjaamolla on tarvikkeet ja työkalut hydraulikkaletkujen valmistamiseen. Letkut ja letkuliittimet toimittaa Salhydro Oy: tästä syystä ”letku-reseptit” on muokattu saatavilla olevien letkujen ja liittimien mukaisesti. Letkuresepti muodostuu letkuliittimistä, letkutyyppistä, asennuspituudesta ja mahdollisten kulmaliittimien välisestä kulmasta.

## 6.7 Hydrauliikan komponenttien mitoittaminen

Hydrauliikkakomponenttien mitoituksessa ja valinnassa on pyritty valitsemaan hyvin saatavissa olevia komponentteja, jotta osat voi hankkia lähimmästä hydraulikkaliikkeestä komponentin vikaantuessa tai ongelman ilmetessä.

### 6.7.1 Pumppu 1.0

Hydrauliikkapumppujen mitoittamisessa lasketaan pumppujen tuotto ja vääntömomentti. Pumput 1.0 ja 2.0 ovat säätötilavuuspumppuja, joissa on paineen ja virtauksen säädin. Laskut on laskettu suurimman kierrostilavuuden arvolla. Todellisessa käytössä esimerkiksi telanajossa tulee harvoin vastaan tilanne, missä on käytössä pumpun maksimituotto ja paine.

Kompressorin hydraulikkapumppu on esitetty kuvan 24 kaaviossa numerolla 1.0. Hydrauliikkapumpun koon määrittämisessä rajoittavat tekijät olivat dieselmoottorin teho ja kompressoria pyörittävän hydraulikkamoottorin tehon tarve. Massastabilointilaitteessa on käytössä ruuvikompressori. Kompressoriin on saatavilla suoraan siihen sopiva hydraulikkamoottori. Hydrauliikkamoottori on tyypiltään vinoakselimäntämoottori, jonka kierrostilavuus on 30 cm<sup>3</sup>. Kompressorin hydraulikkamoottori tarvitsee toimiakseen 130 litraa öljyä 180 barin paineella. Kompressorin tietolehdestä on mainittu käyttöpaineeksi 160 baria. Laskenta suoritetaan 180 barin painearvolla, koska paineenrajoitusventtiili pitää

säätää korkeammalle kuin paine, mikä moottorin pyöryksessä tarvitaan normaalitilanteessa. Mikäli painearvon säätää 160:een bariin, voi paineenrajoitusventtiili vaurioitua nopeasti, koska se aukenee ja sulkeutuu koko ajan. Pumpuksi valitsin Bosch Rexrothin A10V 45 cm<sup>3</sup> kierrotilavuudella. Liitteen 4 kaavassa 1 on kuvan 24 pumpun 1.0 tuoton laskeminen. Hydraulikkapumpun tuotossa ei päästä aivan kompressorin moottorin tarvitsemaan litramäärään moottorin nimelliskierrosnopeudella 2600 kierrosta minuutissa. 3000 kierroksen maksimikierroksilla päästään 135 litraa / minuutissa tuottoon.

Hatzin moottorin vääntökäyrä on hieman alle 160 Nm 3000 kierroksella minuutissa. Liitteen 4 kaavassa 2 lasketaan pumpun 1.0 tarvitsema vääntömomentti. Vääntömomentiksi saadaan 128 Nm. Moottorin vääntö riittää pumpulle. Moottoria tullaan käyttämään nimelliskierroksilla 2600, jolloin tyydytään hieman pienempään paineilman tuottoon.

#### 6.7.2 Pumppu 2.0

Pumppu 2.0 on telanajoa ja sulkusyöttimien pyöritystä varten. Pumpun kierrotilavuus on 45 cm<sup>3</sup>. Pumpulle 2.0 ei tehdä erillisiä virtauslaskuja, koska pumppu on samanlainen pumpun 1.0 kanssa. Määritetään pumpulle 2.0 sen tarvitsema vääntömomentti sijoittamalla 210 barin painearvo liitteen 4 kaavaan 2. Telanajon ja sulkusyöttimien paineenrajoitus- / antikavitaatioventtiilit ovat 210 barin kiinteällä painearvolla. Telanajoa käytettäessä ei sulkusyöttimiä eikä kompressoria käytetä. Pumpulle 2.0 saadaan vääntömomentiksi 150 Nm telanajon maksimipaineella 210 baria.

#### 6.7.3 Pumppu 3.0

Lasketaan liitteen 2 kaavalla 2 pumpun 3.0 tarvitsema vääntömomentti. Vääntömomentiksi saadaan 23 Nm. Laskettaessa pumppujen 2.0 ja 3.0 vääntömomentit yhteen huomataan, että vääntömomentti on melkein yhtä suuri kuin moottorin maksimivääntömomentti. Käytännön ajotilanteessa telan ajolla ei ole täyttä painetta käytössä. Paine telanajon moottorin piirissä vaihtelee vaihtelevan vastuksen mukaan.

Pumpun 3.0 todellinen tuotto on tärkeää tietää, koska puhaltimen moottorilla on maksimipyörimisnopeus 3500 kierrosta minuutissa. Liitteen 4 kaavalla 3 lasketaan pumpun 3.0 volumetrinen hyötysuhde. Kaavaan 4 lisätään saatu hyötysuhde 0.93 ja saadaan selvitet-

tyä pumpun 3.0 todellinen tilavuusvirta, joka on 24,18 litraa minuutissa. Puhaltimen moottorin kierrostilavuus on 8,4 cm<sup>3</sup>. Liitteen 4 kaavassa 5 lasketaan, kuinka nopeasti puhaltimen moottori pyörii, jos sille ohjataan pumpun 3.0 koko virtaus. Tilanne voi tulla vastaan, jos koneen käyttäjä menee säätämään virtauksensäätöventtiilin asetusarvoon 0. Puhaltimen maksimipyörimisnopeudeksi saadaan 2880 kierrosta minuutissa. Selvitään vielä, onko vaara, jos dieselmoottorin kierrokset ovat 3000 kierrosta minuutissa. Puhallin pyörii noin 3321 kierrosta minuutissa, mikäli moottorin pyörimisnopeus on 3000 kierrosta minuutissa. Vaaraa liian suurelle pyörimisnopeudelle ei ole. Moottorin suurin sallittu pyörimisnopeus on 3500 kierrosta minuutissa.

Tilanteessa, missä telat eivät lähde ulkoisen vastuksen vuoksi pyörimään, moottorin kierrokset laskevat ja moottori hyytyy. Tilanne voi tulla vastaan telanajon nopealla nopeudella, jos laitteen ajaa pehmeään liejuun, missä ajon moottorit ottavat kaiken saatavilla olevan hydraulisen tehon käyttöön. Ratkaisuna on vaihtaa telanajon nopeus kaukosäätimestä hitaammalle nopeudelle (kuva 24).

Pumppu 3.0 on sementin, ilman ja puhallinmoottorin ohjausventtiileitä varten. Pumpun kierrostilavuus on 10 cm<sup>3</sup>. Pumpun tilavuusvirta jaetaan painekompensoidulla virtauksensäätöventtiilillä sementin / ilmanohjausventtiileille ja puhaltimen venttiilille.

Ilman- ja sementiohjausventtiileiden käyttöpainne on rajoitettu 150 bariin, jäähdyttimen puhaltimen moottorin paineeraus on 120 baria. Lasketaan pumpun tarvitsema vääntömomentti 150 barin paineella.

Pumpun valmistajan tiedoista saa tilavuusvirran 1500 ja 3500 kierrosta minuutissa arvoilla. Näillä arvoilla saadaan laskettua pumpun volumetrinen hyösuhte.

Puhallinmoottorin nopeuden säädössä käytetään pyörimisnopeusmittaria, millä saadaan tarkastettua puhaltimen pyörimisnopeus. Tavoitenopeus on noin 2000 kierrosta minuutissa. Nopeuden säätö vaikuttaa myös sementin ja ilmanohjausventtiileiden sulkeutumis- ja aukenemisaikaan. Tavoiteaika venttiilien toiminnalle on 0,5 sekunnista yhteen sekuntiin.

#### 6.7.4 Venttiileiden mitoitus

Kompressorin hydraulikkamoottorin ohjausventtiili valittiin Bosch Rexrothin tuotteista Dunlop Hiflexin teknisen myyjän avustuksella. Venttiili on tyyppiltään M4-15-lohkoventtiili.

Venttiilin virtauskapasiteetti on 160 litraa minuutissa, mikä riittää hyvin kompressorin hydraulikkamoottorille. Venttiilin ohjaus on toteutettu PWM-ohjatulla paineenalennusventtiilillä.

Telanajon ja sulkusyöttimien ohjausventtiili on myös valittu Bosch Rexrothin tuotteista. Venttiili on kolmilohkoinen M4-12-lohkoventtiili. PWM-ohjatut paineenalennusventtiilit ovat samat, kuin mikä on käytössä kompressorin ohjausventtiilissä. Suuntaventtiileiden virtauskapasiteetti on 130 litraa venttiiliä kohden, mikä riittää pumpun tuotolle.

Sementin ja ilmanohjausventtiileiden ohjaus tapahtuu pohjalaatta-asenteisten venttiileiden avulla (kuva 26). Pohjalaatat ovat rinnankytkettäviä neljäpaikkaisia laattoja, joissa on oma paineenrajoitusventtiili molemmissa. Paineenrajoitus on säädetty toisessa laatassa 150 bariin ja toisessa 160 bariin, jotta ei tule resonointia paineerajoitusventtiileiden kesken. Puhaltimen moottorin paineenrajoitus on säädetty 120 bariin. Venttiileiden virtauskapasiteetti on 80 litraa minuutissa.



Kuva 26. Pohjalaatat ja suuntaventtiilit sementin ja ilman ohjaukseen



#### 6.7.5 Hydraulikkaöljysäiliön mitoittaminen

Alkuperäinen hydraulikkaöljysäiliö on tilavuudeltaan noin 75 litraa. Öljymäärä 50 litraa. Tavoitteena oli kaksinkertaistaa öljymäärä säiliössä.

Säiliö toimii järjestelmässä nestevarastona ja lämmöntasaajana. Hydraulikka öljymäärä suositus on teollisuusjärjestelmissä 2-5 kertaa pumppujen tuotto. Mobiilijärjestelmissä joudutaan tyytymään pienempään tilavuuteen paino- ja kokorajoitusten vuoksi.

Säiliön koko: Pituus 1,03 m korkeus 0,4 m ja leveys 0,36 m

Lasketaan minimiöljytilavuus ja maksimiöljytilavuus, jotka pitää ilmoittaa hydraulikkakäyttöolosuhteissa.

Minimi tilavuus  $0,26 \times 0,36 \times 1,03 = 96$  litraa

Maksimi tilavuus  $0,365 \times 0,36 \times 1,03 = 135$  litraa

Öljysäiliön minimitilavuus 96 litraa ja maksimitilavuus 135 litraa

#### 6.7.6 Paluusuodattimen mitoittaminen

Suodatinta mitoitettaessa pitää tietää komponenttien vaatimat öljyn puhtaustasot ja suurin järjestelmän virtaus. Ajatuksena suodattimen valinnassa oli ylimitoittaa suodattimen virtausarvo, jotta vuotolinjat voidaan laittaa virtaamaan suodattimen läpi. Öljynpuhtaustaso vaatimus komponenteilla on 20/18/15, ISO 4406 standardin mukaisesti.

Suodatin  $\beta_{10}(c) > 1000$  ISO 16889 arvo  $10 \mu m(c)$  Paluusuodattimen virtausarvo 260 litraa/minuutti  $30 \text{ mm}^2/s$  viskositeetillä

#### 6.7.7 Hydraulikan jäähdyttäjän mitoitus

Massastabilointilaitteen hydraulikassa on selkeästi yksi kohta, joka tuottaa lämpöä jatkuvasti. Se on pohjalaatan paineenrajoitusventtiili, joka on säädetty 150 barin painearvoon. Venttiilin läpi virtaa pumppu 3.0:n öljyvirtaus, joka johdetaan painekompensoidun virtauksen säätöventtiilin läpi pohjalaatalle. Painetta ylläpidetään 150 barin painearvossa ajamalla öljyä paineenrajoitusventtiilin läpi. Virtaus on noin 5–7 litraa minuutissa.

Hydrauliikan jäähdytyskapasiteetin laskeminen. laskussa käytetään 30 °C ulkolämpötilaa. Liitteen 4 kaavassa 7 on esitetty jäähdyttäjän jäähdytyskapasiteetin laskenta.

## 6.8 Hydrauliikkajärjestelmän huolto

Hydrauliikkajärjestelmän luotettavan toiminnan takaamiseksi on siihen suoritettava säännöllisiä huoltotoimenpiteitä. Järjestelmässä on neljä suodatinta, paluuöljysuodatin, kaksi imusihtiä ja huohotinsuodatin. Huohotinsuodatin on säiliön kannessa ja kaksi imusihtiä säiliön sisällä. Imusihdit ovat puhdistettavia. Paluu- ja huohotinsuodatin vaihdetaan määräjain. Imusihtien puhdistus tehdään kerran vuodessa tai 1000 käyttötunnin välein. Huohotinsuodattimen vaihtoväli on 500 tuntia. Paluusuodattimen vaihtoväli on 1000 tuntia tai kerran vuodessa. Huohotinsuodattimen vaihtoväli on syytä pitää lyhyenä, koska laitteen täytyy toimia pölyisissä olosuhteissa. Hydrauliikkaöljyn vaihtoväli on 1000 tuntia tai 1 vuosi. Hydrauliikkaöljyn vaihtoväliä voidaan pidentää, jos öljyn laatu tarkastetaan säännöllisesti öljyanalyysillä.

## 6.9 Vianhaku

Hydrauliikkajärjestelmien vianhaussa hydrauliikkakaavio on ensiarvoisen tärkeä väline nopeaan vian paikallistamiseen. Hydrauliikkajärjestelmän suunnittelussa on pyritty rakentamaan helposti huollettava järjestelmä, jonka vianhaku on helppoa ja nopeaa. Puhaltimen ohjaus, sulkusyöttimien valinta, sementin ja ilmanohjausventtiileiden sähköliittimissä on ledvalot ilmaisemassa, milloin niihin tulee ohjausjännite (kuva 27).



Kuva 27. "Hirschmann"-liittimet



Liittimen standardi on DIN 4650/ ISO 4400-sarjan liitin. Suomessa liittintyyppi tunnetaan yleisesti "Hirschman"-liittimenä, liittimet ovat tyyppiä A. Venttiilin karojen päädyissä on myös pakkokäyttömahdollisuus (kuva 28). Karan päädyssä olevaa nastaa painetaan esimerkiksi meisselillä ja saadaan kara liikkumaan. Mikäli käyttää pakkokäyttömahdollisuutta, on suositeltavaa varmistaa, että pystyy käyttämään pakkokäyttömahdollisuutta myös toiselta puolen karaa. Pölyisissä olosuhteissa karan pakkokäyttö voi jumittaa karan aukiasentoon.



Kuva 28. Karan pakkokäyttö

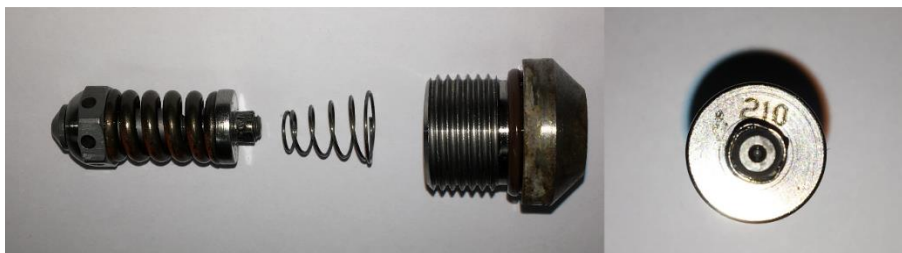
M4-12- ja M4-15 sarjan venttiileissä on mahdollisuus käsikäyttöön vikatilanteiden varalle. Käsikäytöllä ajon moottorit toimivat vain hitaalla alueella, koneen liikkumisnopeus on erittäin hidas (kuva 25).

M4-12-venttiilissä on porttikohtaiset paineenrajoitus- ja antikavitaatioventtiilit. Venttiili rajoittaa painetta toimilaitelinjasta tankkilinjan suuntaan ja päästää vapaasti virtauksen tankkilinjasta toimilaitelinjaan. Mikäli telan ajo liikkuu toiseen suuntaan ja toiseen suuntaan liikettä ei tapahdu edes käsikäytöllä, on syytä epäillä vikaa paineenrajoituksessa. Kuvassa 29 on irrotettu porttikohtainen paineenrajoitus- / antikavitaatioventtiili kuvaamista varten. Venttiilin irrotuksessa on hyvä varautua huoltotulpalla, koska tankkilinjasta pääsee valumaan hydraulikkaöljyä irrotuksen aikana.



Kuva 29. Vasemman telan ajon taaksepäinliikkeen paineenrajoitus- / antikavitaatioventtiilin irrotus.

Kuvassa 30 paineenrajoitus- / antikavitaatioventtiili purettuna. Venttiiliin painearvoa ei pysty säätämään ja se on kaiverrettu venttiilin päähän. Laitteeseen asennetuissa venttiileissä on kaikissa merkitty painearvot bareina. Olen käyttänyt myös hydraulikkakaaviossa baria, koska on helpompi soveltaa arvoja käytäntöön ilman laatumuunnoksia. Niin kauan kuin vianhaussa käytettävät painemittarit ovat bar-asteikolla, en näe syytä käyttää muuta paineen ilmaisevaa yksikköä. Standardissa ISO 1219-2 on ilmaistu, että paineen yksikkönä on ensijaisesti käytettävä Pascalia tai megapascalia, mutta barin käyttö paineyksikkönä on myös sallittu. Kuvan 30 paineenrajoitus- / antikavitaatioventtiili vastaa osanumeroita 2.24–2.29 liitteen 2 hydraulikkakaaviossa.



Kuva 30. Paineenrajoitus/antikavitaatio venttiili purettuna

## 7 Pohdinta

Massastabilointilaitteeseen tehtiin suuret muutokset hydraulikkajärjestelmän osalta. Projektin alussa kartoitetut muutoskohteet toteutettiin. Laitteen toimintavarmuus ja huollettavuus on parantunut. On kuitenkin muutamia kohtia, jotka tekisin eri tavalla, jos vastaavanlainen projekti tulisi eteen. Telanajoa varten asentaisin suuremman pumpun, normaalissa ajo tilanteessa ajon hydraulikkapiirissä on käytössä noin puolet maksimipaineesta. Suuremmalla säätötilavuuspumpulla ajon piirissä laitteen liikkumisnopeutta saisi nostettua entisestään. Ajonopeus on kasvanut alkuperäisestä noin 40 %. Venttiilinvirtauskapasiteetti riittäisi myös suuremman ajon hydraulikkapumpun käyttöön.

Pumpun 3.0 virtaus ohjataan paineenrajoitusventtiilin kautta tankkiin, kytkentä kuumentaa jonkin verran öljyä. Paineohjattu vapaakierto on mahdollista toteuttaa yhdellä vastaventtiilillä, paineakulla ja paineohjatulla paineenrajoitusventtiilillä. Nykyinen vapaakierto on toteutettu logiikkaohjatulla vapaakiertoventtiilillä. Osat muutokseen eivät maksa kovin paljoa ja kytkentä on varsin helppo tehdä. Muutos voidaan toteuttaa vuosihuollon yhteydessä.

Hirschman-tyyppiset liittimet tullaan vaihtamaan valettuihin vastaaviin, joissa tiivistekumi on liimattuna liittimeen. Liikkuvan kaluston sähköliittimien on kestävä painepesurilla pesu, ilman kosteuden pääsyä liittimeen. Nykyisissä liittimissä on nähtävissä kosteutta liittimen sisällä pesun jälkeen. Tätä muutosta varten on jo hankittu toisenlaiset sähköliittimet.

## 8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli dokumentoida hydraulikkajärjestelmän muutokset, joita massastabilointilaitte on käynyt läpi. Työn tilaajalle syntyi uudistettu hydraulikkakaavio ja osaluettelo. Kaikista koneeseen asennetuista hydraulikkaosista löytyy valmistajan tietolehdet. Lopullista hydraulikkakaavioita ja varaosaluetteloja ei julkaista työn yhteydessä. Massastabilointilaitteen käyttövarmuus on parantunut muutosten jälkeen ja hydraulikan dokumentointi helpottaa vian hakua vikatilanteiden ilmetessä. Kokonaisuus oli erittäin haastava, mutta samalla myös erittäin mielenkiintoinen.

## Lähteet

- (1) Massastabilointikäsikirja, luettu 22.2.2017 [http://www.uuma2.fi/sites/default/files/Massastabilointik%C3%A4sikirja%20YLEISVERSIO%20-%202014\\_06\\_24.pdf](http://www.uuma2.fi/sites/default/files/Massastabilointik%C3%A4sikirja%20YLEISVERSIO%20-%202014_06_24.pdf)
- (2) Massastabiloinnin vaikutus maan indeksi- ja geoteknisiin ominaisuuksiin. Hainari S. 2015
- (3) Liikkuvan kaluston sähköhydrauliikka, Aula E. ja Mikkonen P. 2008
- (4) Hydraulitekniikka, Kauranne H., Kajaste J. ja Vilenius M. 2013
- (5) Hydrauliikka 1 perusteet, Kosomaa K. ja Kosomaa J. AEL Oy 2011
- (6) Mobile hydrauliikka 3, Kosomaa K. ja Kosomaa J. AEL Oy 2011
- (7) Bosch Rexroth datalehti RE 18318-55 edition 12.2016
- (8) Hydraulic Hose, Fittings and Equipment, luettu 17.5.2018 [http://www.parker.com/parkerimages/euro\\_hpd/Catalogs/C4400%20UK%20-%202008-02-15.pdf](http://www.parker.com/parkerimages/euro_hpd/Catalogs/C4400%20UK%20-%202008-02-15.pdf)
- (9) Hydrauliputkistot, Virta S. 2. painos 2010
- (10) Hydrauliikka 2 jatkokurssi, Kosomaa K. ja Kosomaa J. AEL Oy 2016
- (11) Tekninen dokumentointi, luettu 20.5.2018 <https://www.etteplan.com/fi/asiantuntetus/tekninen-dokumentointi/tuotekehitys/tekninen-dokumentointi>
- (12) Standardi tutuksi, luettu [https://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi](https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi)
- (13) ALLU PF 7+7 Painesyötin käyttö- ja huolto-ohje

## Liitteet

Liite 1 Hatz-dieselmoottorin tietolehti

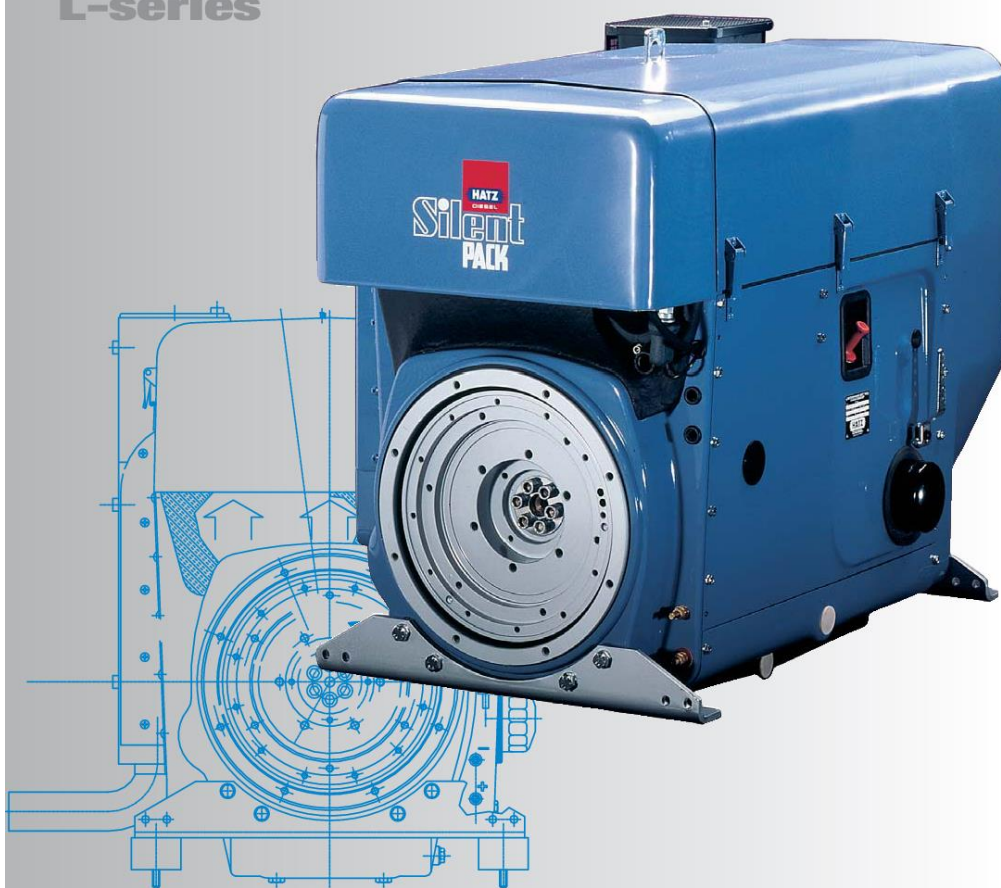
Liite 2 Hydraulikkakaavioesimerkki

Liite 3 Paineenalennusproportionaaliventtiilin tietolehti

Liite 4 Laskukaavat ja laskut

Liite 5 Hydraulikkaavion piirrosmerkit





2L41C • 13.5 - 27 kW   3L41C • 20.6 - 40.9 kW   4L41C • 27.0 - 54.2 kW

**SilentPACK**

THE EXTREMELY SILENT INDUSTRIAL  
MULTI-CYLINDER DIESEL ENGINE

2L41C • 3L41C • 4L41C

*The HATZ Silent Pack is the quietest engine for equipment installation in its class – and it's ready for immediate application.*

*The Hatz Silent Pack has every conceivable feature that an optimal built-in diesel engine should possess by today's standards.*

#### **Extremely quiet**

The capsule reduces the engine noise by 90 % to 10 % = 10 dBA.

#### **Ready for operation**

With an air cleaner attached, exhaust silencing and a cable loom for starting and monitoring). Nothing is loose, everything is ready for installation.

#### **Easily accessible**

Provided with servicing points easily accessible from the outside or under a cover with quick release fasteners; hydraulic pumps can also be installed under the sound-absorbing enclosure to reduce noise emissions.

#### **Noise insulation**

Supported on feet that are insulated against structure-borne noise and can be mounted on frames or plates (which means that hardly any structure-borne noise is transferred to the equipment).

#### **Balancer shafts**

Equipped with additional mass balancer shafts which suppress disturbing vibration before it can even arise.

#### **Low installed dimensions**

Designed to occupy only a minimum of space, since the noise-protection capsule fits closely around the engine block.

#### **Optimum cooling air flow**

Equipped with cool-air ducting that regulates thermal conditions in the noise-protection capsule so that the Silent Pack can be operated in all known climate zones (in a hot, dusty desert or in Alaska's icy winter).

#### **Friendly to the environment**

HATZ has achieved significant success in the reduction of noise and exhaust gas emissions.

The engines are certified by: EU Directive 97/68, step 3A, ECE-R24 EPA Tier II, Regulation 40 CFR Part 89 / CARB Tier II and from 2008 Interim Tier IV.

*The Hatz Silent Pack is a perfect example of what we mean when we say:*

*„Mount it, bolt it on, start it up and hear just how pleasant it sounds.“*

Exhaust reduced types on request

**EPA TIER II**  
**CARB TIER II**  
**ECE-R24**  
**97/68/EG-III A**  
*as from 2008*  
**EPA TIER IV**  
**EPA interim TIER IV**

2L41C • 3L41C • 4L41C

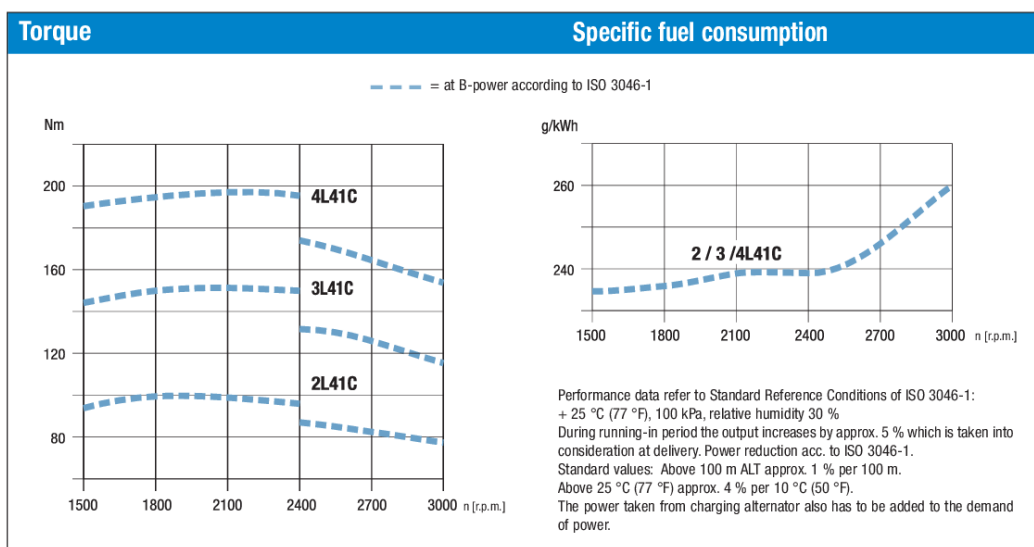
## **Design**

- Aircooled 2-, 3- and 4-cylinder fourstroke Diesel engines, modular design.
- Grey cast iron crankcase, vertical in-line cylinders.
- Crankshaft and conrod running on shell-bearing.
- Individual cylinders (grey cast iron), individual cylinder-heads (light metal) and individual injection pumps.
- Dismantling of piston and conrod possible in upwards direction.
- Direct injection with multi-hole nozzle.
- Valve control via camshaft, tappets, rocker and pushrod.
- Separate camshaft for drive of injection pump with centrifugal variable speed governor and automatic injection timer.
- Pressure feed lubrication with gear pump. Oilcooler and filter in main flow.
- Axial-type blower fan with incorporated alternator.
- The Silent Pack is an engine of family **L** with noise-proof capsule.
- The easy accessibility of maintenance and operating points remains unchanged also with the Silent Pack engines.

## **Characteristics**

- The Diesel engine ready for installation and operation
- All-Purpose industrial Diesel engines.
- Extremely low fuel- and oil consumption.
- Exhaust emission well below all valid limits for operating machines in EU, USA and Japan.
- Robust, and long life-engine.
- Extensive parts interchangeability due to modular system.
- Low repair cost due to individual cylinders, individual cylinder-heads and individual injection-pumps.
- Unusual reliability because of:
  - Automatic belt control
  - Automatic extra fuel device
  - Dry-type airfilter, protected against severe contamination.
  - Camshaft and oil pump driven by gear wheel
- Easy to service because of:
  - Automatic injection pump bleeding
  - Operating and maintenance points at one engine side only
  - Hydraulic belt tensioner
- The most silent industrial Diesel engine of its class.
- The capsule reduces the engine noise by 90%.
- Noisy auxiliary drives can be incorporated in the capsule.
- The exhaust silencer is integrated into contour of the capsule.

Technical data		2L41C	3L41C	4L41C
Number of cylinders		2	3	4
Bore x stroke	mm	102 x 105	102 x 105	102 x 105
	inches	4.02 x 4.13	4.02 x 4.13	4.02 x 4.13
Displacement	l	1.716	2.574	3.432
	cu.in.	104.7	157.0	209.4
Mean piston speed at 3000 r.p.m.	m/s	10.5	10.5	10.5
	ft/min	2067	2067	2067
Compression ratio		20.0	20.0	20.0
Lub. oil consumption		max. 1 % of fuel consumption, related to full load		
Lub. oil capacity max. / min.	l	4.5 / 2.5	8.0 / 5.0	13.0 / 5.0
	US qts	4.8 / 2.6	8.5 / 5.3	13.7 / 5.3
Speed control	lowest idle speed	approx. 900 r.p.m.		
	static speed droop	approx. 5% at 3000 r.p.m.		



Performance table			2L41C		3L41C		4L41C	
	Hatz-Stand.	r.p.m.	kW*	HP*	kW*	HP*	kW*	HP*
Vehicle output acc. to DIN ISO 1585.	F	3000	27.0	36.7	40.9	55.6	54.2	73.7
		2600	25.3	34.4	38.2	51.9	50.8	69.1
		2350	23.1	31.4	35.3	48.0	46.3	63.0
ISO net brake fuel stop power (IFN) for strongly intermittent load acc. to ISO 3046-1.	BSi	3000	25.7	35.0	38.8	52.8	51.5	70.0
		2600	24.5	33.3	37.1	50.5	48.5	66.0
		2350	22.5	30.6	34.4	46.8	45.0	61.2
ISO net brake fuel stop power (IFN) for intermittent load acc. to ISO 3046-1.	B	3000	24.4	33.2	36.7	49.9	48.8	66.4
		2600	23.2	31.6	35.2	47.9	45.9	62.4
		2300	23.5	32.0	35.9	48.8	47.0	63.9
		2000	20.9	28.4	31.2	42.4	41.0	55.8
		1800	18.7	25.4	28.0	38.1	37.0	50.3
ISO-standard power (ICXN) (10 % overload permissible) and ISO-standard fuel stop power (no overload permissible) acc. to ISO 3046-1. For constant speed and constant load (ICFN).	S	1500	15.0	20.4	22.9	31.1	30.0	40.8
		3000	22.0	29.9	33.0	44.9	43.9	59.7
		2600	20.9	28.4	31.7	43.1	41.3	56.2
		2300	21.2	28.8	32.3	43.9	42.3	57.5
		2000	18.8	25.6	28.1	38.2	36.9	50.2
		1800	16.8	22.8	25.2	34.3	33.3	45.3
		1500	13.5	18.4	20.6	28.0	27.0	36.7

\* Performance specifications without exhaust certificates. Performance tables with exhaust certificates upon request.

Installation data		2L41C	3L41C	4L41C
Combustion air required at 3000 r.p.m. approx. <sup>1)</sup>	m <sup>3</sup> / min	2.6	3.9	5.2
	cu.ft./min	92	138	184
Combustion air required at 3000 r.p.m. approx. <sup>1)</sup>	m <sup>3</sup> / min	29	39	42
	cu.ft./min	1024	1377	1483
Permanent tilting	max. degrees	30° <sup>2) 3) 4) 5)</sup>	25° <sup>2) 3) 4) 5)</sup> 30° <sup>5)</sup>	25° <sup>4) 30° <sup>5) 15° <sup>2) 18° <sup>3)</sup></sup></sup></sup>
Moment of inertia	SAE-flywheel 8"	0.64 kgm <sup>2</sup> (15.2 lb.ft <sup>2</sup> )	0.65 kgm <sup>2</sup> (15.4 lb.ft <sup>2</sup> )	0.67 kgm <sup>2</sup> (15.9 lb.ft <sup>2</sup> )
	flywheel for F+S clutch	0.49 kgm <sup>2</sup> (11.6 lb.ft <sup>2</sup> )	0.50 kgm <sup>2</sup> (11.9 lb.ft <sup>2</sup> )	0.51 kgm <sup>2</sup> (12.1 lb.ft <sup>2</sup> )
Starter motor		12 V - 2.7 kW (3.7 HP) — 24 V - 4.0 kW (5.4 HP)		
Alternator charging current at 3000 / 1500 r.p.m.		14 V - 60 / 42 A — 28 V - 40 / 28 A		
Battery capacity	min / max. Ah	12 V - 88 / 143 Ah — 24 V - 55 / 110 Ah		

<sup>1)</sup> For other r.p.m. there is a linear reduction of the air requirement <sup>2)</sup> Applicable for flywheel up <sup>3)</sup> Applicable for flywheel low  
<sup>4)</sup> Applicable for oilfilter low <sup>5)</sup> Applicable for oilfilter up

### Permissible load on power-take-off points

- Flywheel: Power-take-off axial and radial at full engine torque.

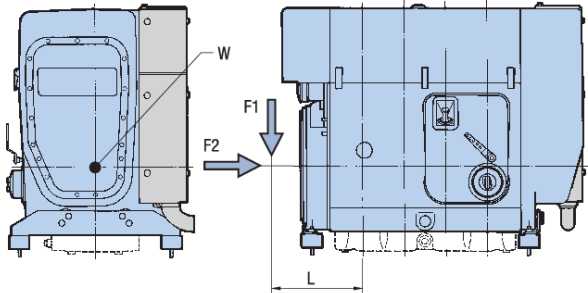
**Max. permissible radial force F1:**

$$F1 = \frac{400\,000}{L \text{ (mm)} - 73} \text{ (N)}$$

**Max. permissible axial force F2:**

$$F2 = 2700 \text{ N}$$

- Shaft W: Suitable for axial power-take-off, for example adaption of a hydraulic pump. Max. torque 70 Nm drive with engine speed. Axial and radial forces not permitted.

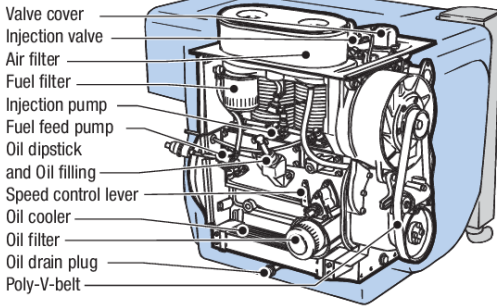


### Maintenance and operating points

For the engine to achieve its maximum life, it is essential for it to be serviced meticulously at regular intervals.

The better the accessibility, the more promptly and conscientiously the engine will be maintained.

Please convince yourself personally that all service and operation points are easily accessible before delivering your machine to the customer.



### Electrical equipment

The engine-mounted components, such as starter, alternator and switches, are connected to the instrument box by means of a 2 m cable harness. The engine is started and controlled from this instrument box. Instrument box and cable harness are part of the additional equipment and supplied according to the number of electrical safety features which are required.

If the engine has to be started at temperatures below -10 °C, it must be equipped with a pre-heating system (glow plug) (additional equipment). Further additional equipment includes automatic start and stop, remote control etc. Please ask for drawings and wiring diagrams.  
[www.hatz-diesel.com](http://www.hatz-diesel.com)

2L41C • 3L41C • 4L41C

### Power-Take-Off and Sense of Rotation

- Power-take-off on flywheel-side (pict. 1).
- Power-take-off on governor side with engine speed, max. torque 70 Nm, axial and radial forces not permitted (pict. 2/W).
- Rotation see pict. 1 and 2.
- Engine flangeable at flywheel-side.

### Engine model

- with capsule, with counter balance shaft („U“ pict. 3).

### Engine variants (pict. 4)

- **Variant XI:** Engine with electric start 12 V
- **Variant XIII:** Engine with electric start 24 V

### Weight

2L41C, Var. XI, XIII		3L41C, Var. XI, XIII		4L41C, Var. XI, XIII	
kg	lbs.	kg	lbs.	kg	lbs.
276	608	331	730	396	873

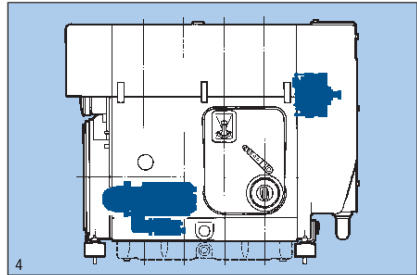
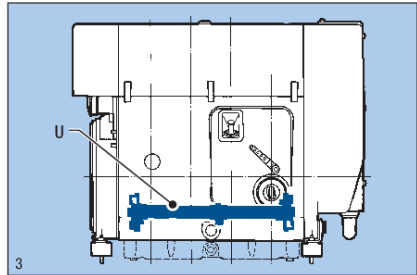
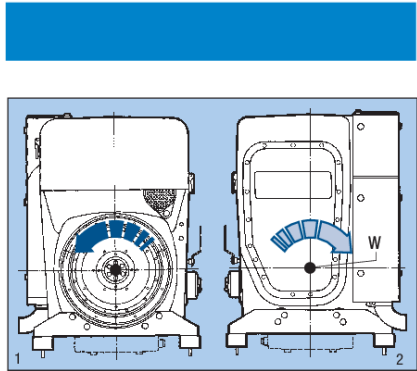
### Scope of delivery of engine

Engine tested for full load on test bench. Engine fitted with blower fan, variable speed governor, injection timer, lubricating oilfilter, dry-type air filter, hydraulic belt tensioner, automatic stop in case of belt failure, automatic extra fuel device, automatic injection pump bleeding, eye hook for transport of engine (only suitable to carry the engine weight). Painting in HATZ standard colours.  
No oil in engine.

**Accessories:** Gasket for 1st maintenance.

Further equipment included in engine variants:

- **Variant XI:** Electric starter 12 V, 2.7 kW, alternator 14 V, 60 A, engine wiring, electric maintenance indicator for airfilter, oil pressure switch, fuel feed pump and fuel filter, exhaust manifold, engine brackets. Additional oil sump (4L41C).
- **Variant XIII:** Same as Variant XI, however electric starter 24 V, 4.0 kW and alternator 28 V, 40 A.



### Additional equipment

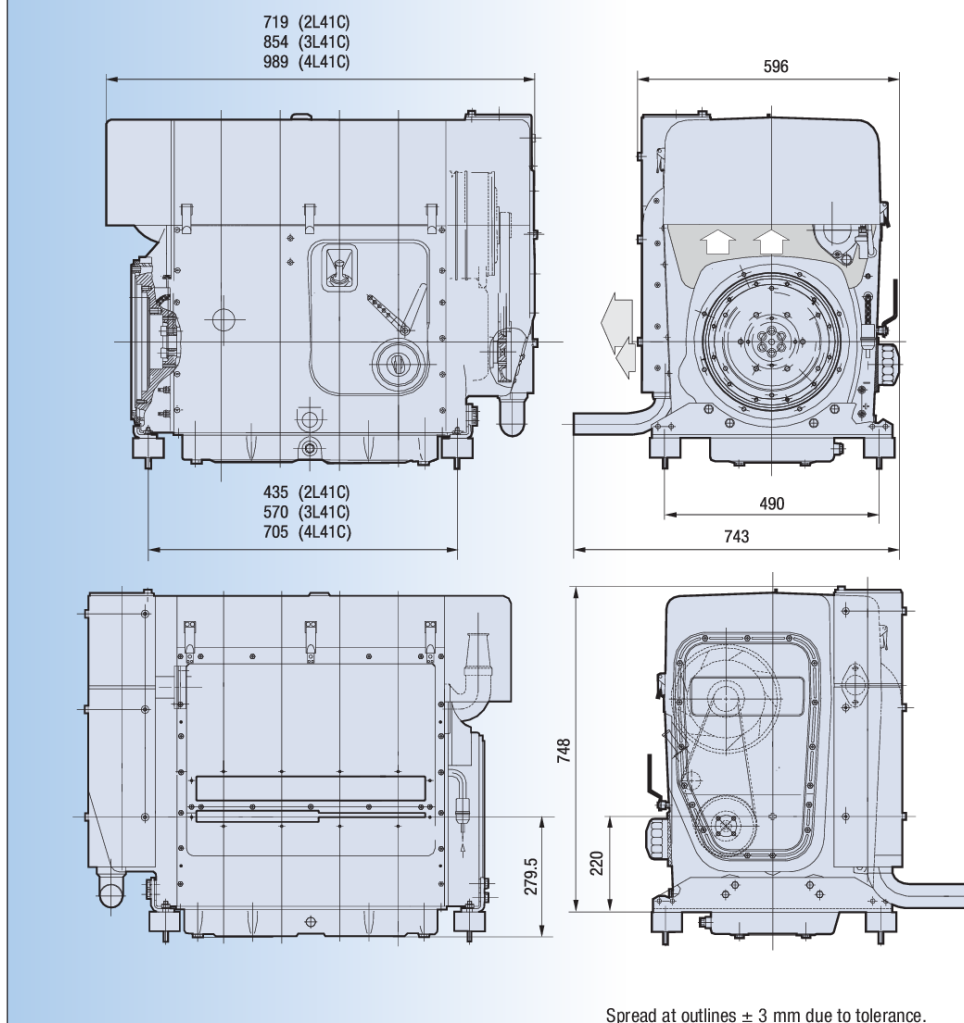
Thanks to the complete programme of additional equipment engine can be adapted to the special requirements of every application.

As a minimum every engine needs the "additional equipment, necessary for operation".

For selection of additional equipment see "Engine and Equipment Survey".



## Dimensions



Drawings with detailed - and connection measures can either be demanded or downloaded as pdf- resp. dxf-file which are shown in the Internet.

**MOTORENFABRIK HATZ  
GMBH & CO. KG**  
Ernst-Hatz-Straße 16  
D-94099 Ruhstorf  
GERMANY

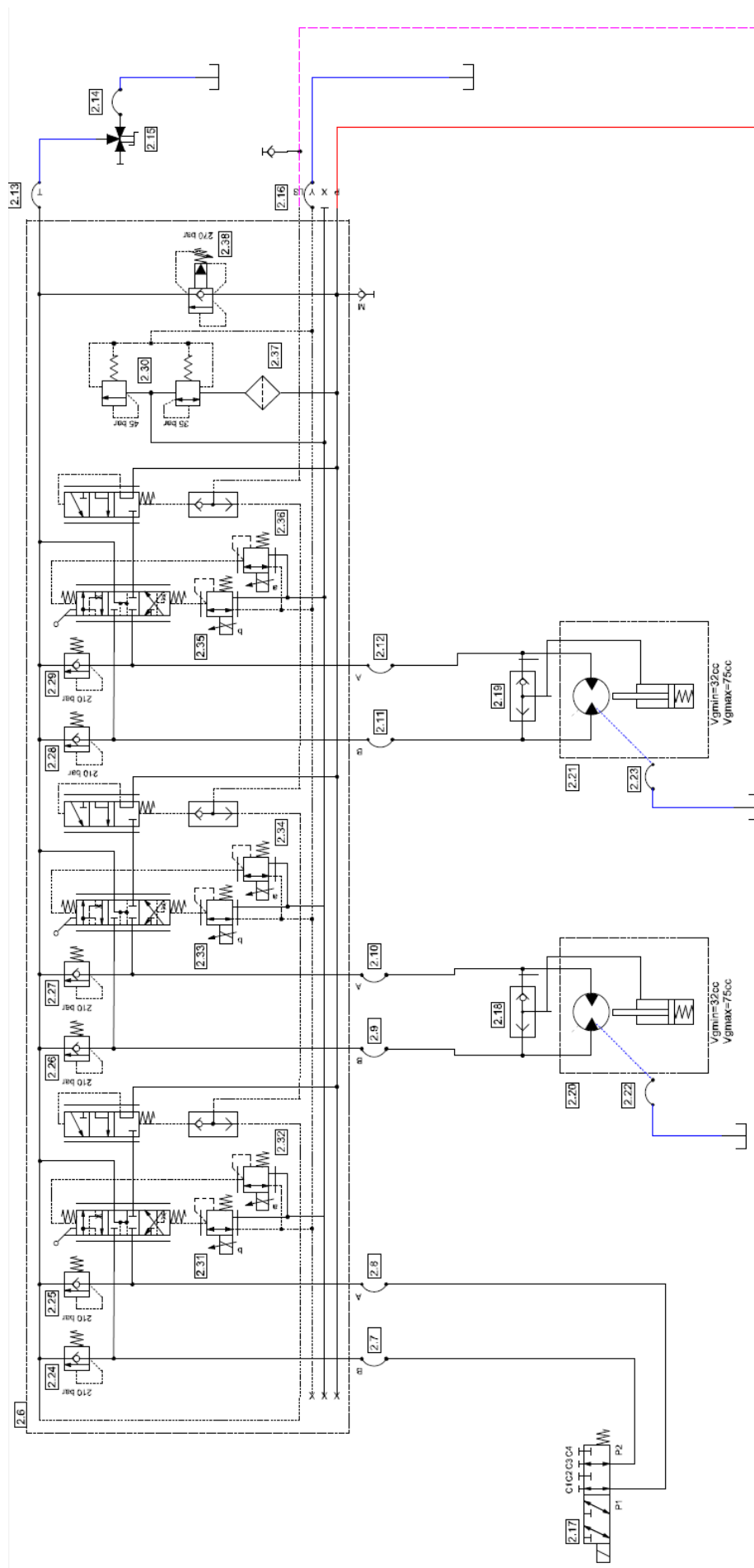
Telephone: +49 (0) 85 31 / 319-0  
Telefax: +49 (0) 85 31 / 31 94 18  
marketing@hatz-diesel.de

[www.hatz-diesel.com](http://www.hatz-diesel.com)



5 / 569 ENG - 07.07 - 1 Printed in Germany  
Modifications, which serve the technical improvements, are reserved.





The Drive & Control Company

**Rexroth**  
Bosch Group

## Proportional pressure reducing valve

Type FTDRE2K

**RE 58032**

Edition: 2014-04

Replaces: 04.99



- ▶ Frame size 2
- ▶ Component series 3X
- ▶ Maximum control pressure 18, 24 bar
- ▶ Maximum operating pressure 100 bar
- ▶ Maximum flow 2 l/min (at  $\Delta p = 7$  bar)

### Features

- ▶ Direct operated proportional pressure reducing valve for reducing a system pressure
- ▶ Cartridge valve
- ▶ Suitable for mobile and industrial applications
- ▶ Operation by means of proportional solenoid
- ▶ In case of power failure, the minimum pressure is set
- ▶ Recommended control electronics:  
Mobile amplifier type RA and RC

### Contents

Features	1
Ordering code, valve types	2
Function, section, symbols	3
Technical data	4, 5
Characteristic curves with tolerance band	6
Admissible working range	7, 8
Dimensions	9
Mounting cavity	10
Available individual components	11
More information	11

2/12     **FTDRE2K** | Proportional pressure reducing valve**Ordering code** (valve without coil) <sup>1)</sup>

01	02	03	04		05	06	07	08	09	10		11
FTDRE	2	K	3X	/		A				V	-8	*

01	Proportional pressure reducing valve, non-standardized design, electrical operation	<b>FTDRE</b>
02	Size 2	<b>2</b>
03	Screw-in cartridge valve	<b>K</b>
04	Component series 30 to 39 (30 to 39; unchanged installation and connection dimensions)	<b>3X</b>
05	Maximum control pressure 18 bar	<b>18</b>
	Maximum control pressure 24 bar	<b>24</b>
06	Proportional solenoid, wet-pin	<b>A</b>
<b>Supply voltage</b>		
07	Control electronics 12 V DC	<b>G12</b>
	Control electronics 24 V DC	<b>G24</b>
08	<b>With</b> manual override	<b>no code</b>
	<b>Without</b> manual override	<b>N0</b>
<b>Electrical connection</b> <sup>1)</sup>		
09	<b>Without</b> mating connector, with DT 04-2P connector (Deutsch plug)	<b>K40</b>
	<b>Without</b> mating connector, with AMP Junior-Timer connector	<b>C4</b>
<b>Seal material</b>		
10	FKM seals	<b>V</b>
	Observe compatibility of seals with hydraulic fluid used! (Other seals upon request)	
11	Further details in the plain text	<b>*</b>

<sup>1)</sup> Mating connectors, separate order, see data sheet 08006.**Notice:**

For other valve types than those listed in the data sheet, please consult us!

**Valve types**

Type	Material no.	Type	Material no.
FTDRE 2 K3X/18AG12C4V-8	<b>R900726604</b>	FTDRE 2 K3X/18AG12N0C4V-8	<b>R901377809</b>
FTDRE 2 K3X/18AG12K40V-8	<b>R901047323</b>	FTDRE 2 K3X/18AG12N0K40V-8	<b>R901377815</b>
FTDRE 2 K3X/18AG24C4V-8	<b>R900701407</b>	FTDRE 2 K3X/18AG24N0C4V-8	<b>R901377808</b>
FTDRE 2 K3X/18AG24K40V-8	<b>R901023204</b>	FTDRE 2 K3X/18AG24N0K40V-8	<b>R901377814</b>

## Function, section, symbols

### General

The proportional pressure reducing valve type FTDRE 2 K is a direct operated screw-in cartridge valve in 3-way version. It reduces the control pressure (main port ①) proportionally to the solenoid current and functions largely independently from the inlet pressure (main port ②). With a command value of 0 or in case of power failure, the minimum pressure is set. Operation is effected by means of a proportional solenoid. The solenoid's interior is connected to the main port ③ and filled with hydraulic fluid. Depending on the electric command value, these valves can be used to reduce the system pressure continuously. The valve is suitable for controlling couplings, pumps and directional valves as well as for use in proportional pilot controls (particularly in the mobile area, however also for industrial applications).

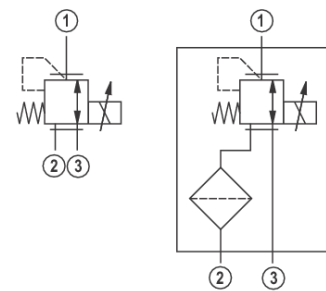
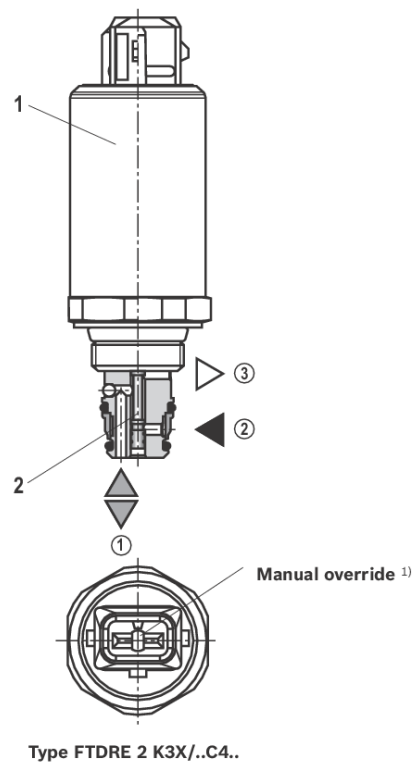
### Basic principle

The valve controls the pressure in the main port ① proportionally to the current at the solenoid.

The proportional solenoid (1) converts the electric current into a mechanical force that acts on the control spool (2) via the armature. The control spool controls the connection between the main ports.

#### Notices:

- Occurring tank pressure (main port ③) is added up to the control pressure (main port ①).
- If the valve is not installed or installed in a system that is not completely bled, the valve must not be energized as otherwise, the entering air has a very negative effect on the valve's dynamic behavior.



① = Main port 1 (A)  
 ② = Main port 2 (P)  
 ③ = Main port 3 (T)

<sup>1)</sup> Not contained in "N0" version. Operation by pin tool (to operate the manual override, the connector must be disconnected ("C4" and "K40" version). Maximum number of plug-in processes 10 (specification AMP 108-18013).

**Technical data**

(For applications outside these parameters, please consult us!)

general		
Weight	kg	Approx. 0.16
Installation position		Any; preferably with electrical connection hanging down (for horizontal position of valve or electrical connection standing up, a minimum counter pressure must be generated to ensure the valve remains filled with oil).
Ambient temperature range	► Version "18"	°C -30 ... +120
	► Version "24"	°C -30 ... +80
Salt spray test according to ISO 9227		h 600 (NSS test)
Surface protection Solenoid		Coating according to DIN 50962-Fe//ZnNi with thick film passivation

hydraulic		
Maximum control pressure	► Main port ① (A)	bar 18, 24
Maximum inlet pressure	► Main port ② (P)	bar 100
Maximum counter pressure	► Main port ③ (T)	bar Depressurized (maximum admissible 30) Counter pressure increases set pressure, even for current $I = 0$
Flow ( $\Delta p = 7 \text{ bar}$ ) <sup>1)</sup>		l/min $\geq 2$ (maximum admissible 7.5)
Maximum leakage flow	► Main port ③ (T)	cm <sup>3</sup> /min $\leq 60$ ( $p_p = 50 \text{ bar}$ and control current $I = 0$ )
Maximum pilot flow		cm <sup>3</sup> /min $\leq 500$ ( $p_p = 50 \text{ bar}$ , $q_{VA} = 0$ and control current $I = I_{max}$ )
Hydraulic fluid		See table page 5
Hydraulic fluid temperature range		°C -30 ... +80
Viscosity range		mm <sup>2</sup> /s 10 ... 380
Maximum admissible degree of contamination of the hydraulic fluid, cleanliness class according to ISO 4406 (c)		Class 20/18/15 <sup>1)</sup>
Load cycles		5 million <sup>1)</sup>
Maximum step response in case of control current change (see characteristic curve below)	► $t_{on}$	ms 25
	► $t_{off}$	ms 20
Mesh size strainer element at the main port ②		µm 160

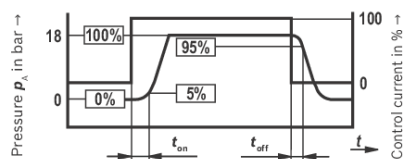
1) Rexroth standard test condition (HLP32;  $\vartheta_{oil} = 40 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ )

2) The cleanliness classes specified for the components must be adhered to in hydraulic systems. Effective filtration prevents faults and at the same time increases the life cycle of the components.

For the selection of the filters see [www.boschrexroth.com/filter](http://www.boschrexroth.com/filter).  
We recommend using a filter with a minimum retention rate of  $B_{10} \geq 75$ .

**Notice:**

- The following documentation must be observed:  
64020-B1 Hydraulic valves for mobile applications
- When exchanging screw-in cartridge valves, provide for the correct tightening torque!

**Maximum step response**

**Technical data**

(For applications outside these parameters, please consult us!)

Hydraulic fluid		Classification	Suitable sealing materials	Standards
Mineral oils		HL, HLP	FKM	DIN 51524
Bio-degradable	– insoluble in water	HEES	FKM	VDMA 24568
	– soluble in water	HEPG	FKM	

**Important information on hydraulic fluids!**

- For more information and data on the use of other hydraulic fluids, please refer to data sheet 90220 or contact us.
- There may be limitations regarding the technical valve data (temperature, pressure range, life cycle, maintenance intervals, etc.)!

- The flash point of the hydraulic fluid used must be 40 K higher than the maximum solenoid surface temperature.
- **Bio-degradable:** If bio-degradable hydraulic fluids are used that are also zinc-solving, there may be an accumulation of zinc.

electric				
Voltage type		Direct voltage		
Supply voltages		V	12 DC	24 DC
Maximum solenoid current <sup>3)</sup>	► Version "18"	mA	1800	800
	► Version "24"	mA	2200	980
Coil resistance (cold value at 20 °C)		Ω	2.4	12
Duty cycle		%	100	See characteristic curves on page 7 and 8
Maximum coil temperature <sup>4)</sup>		°C	150	
Protection class according to VDE 0470-1 (DIN EN 60529) DIN 40050-9	► Version "C4"	IP 65 with mating connector mounted and locked		
		IP 67 and IP 69K with Rexroth mating connector (material no. R901022127)		
Control electronics (separate order)	► Version "K40"	IP 67 and IP 69K with mating connector mounted and locked		
		Analog amplifier type RA... (data sheet 95230)		
		BODAS control unit type RC... (data sheet 95200)		
Recommended dither frequency (PMW) Chopper frequency (recommended) <sup>5)</sup>		Hz	150	
Design according to VDE 0580				

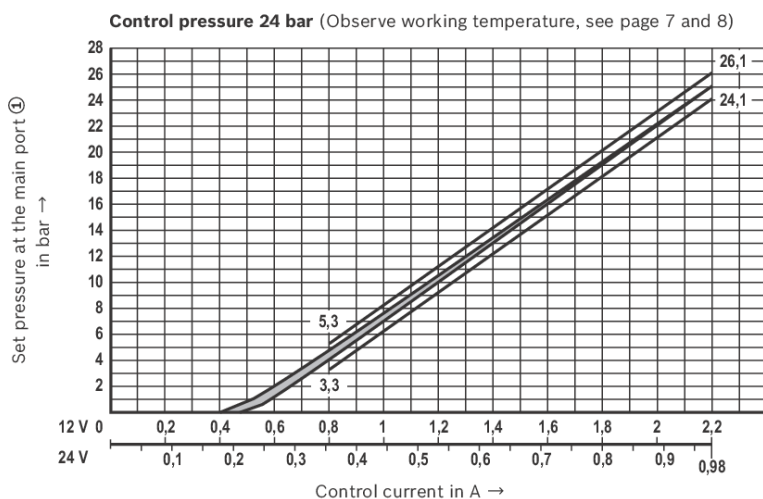
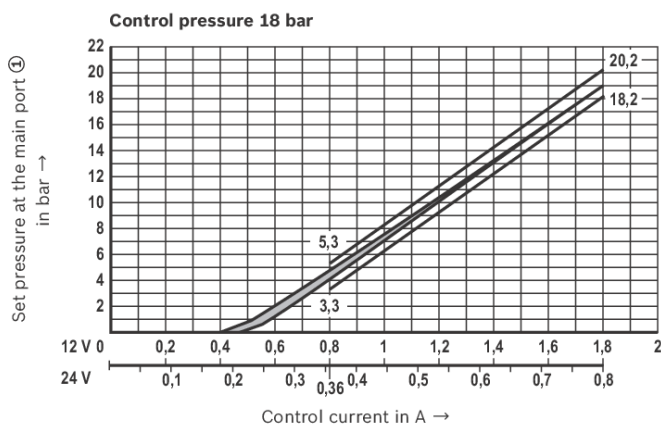
<sup>3)</sup> With version "24", observe working temperature, see page 7 and 8

<sup>4)</sup> Due to the surface temperatures of the solenoid coils, the standards ISO 13732-1 and ISO 4413 need to be adhered to!

<sup>5)</sup> The chopper frequency is to be optimized depending on the application.  
In this regard, observe the working temperature range of the application.

**When establishing the electrical connection, the protective earthing conductor (PE  $\frac{1}{2}$ ) has to be connected correctly.**

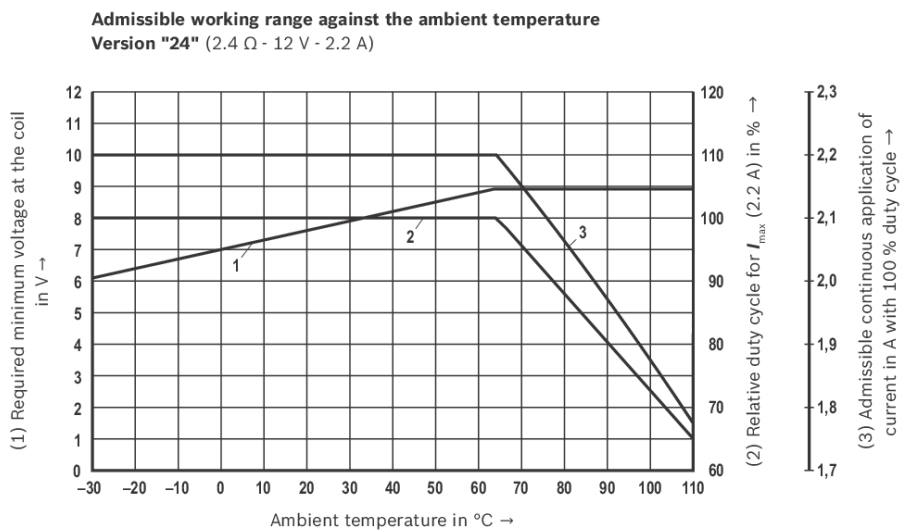
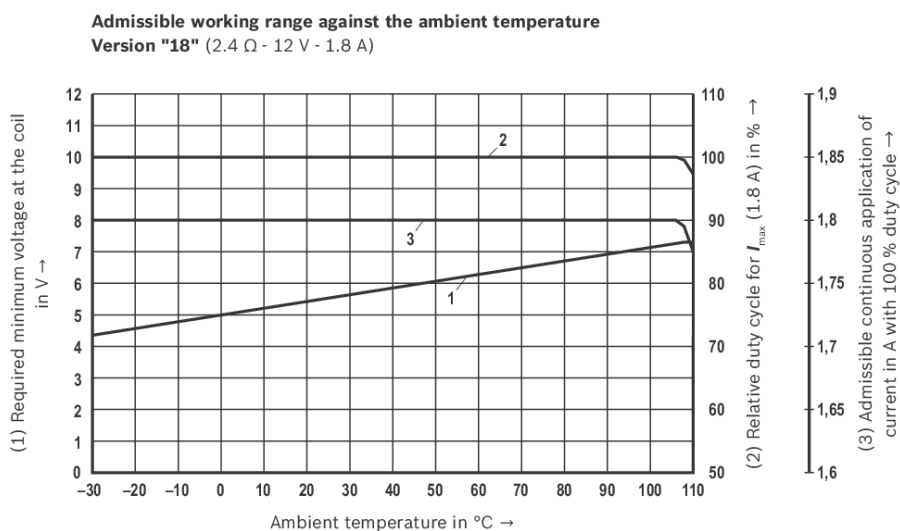


6/12 **FTDRE2K** | Proportional pressure reducing valve**Characteristic curves with tolerance band**(measured with HLP46,  $\vartheta_{oil} = 40 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )**Measuring conditions**

Amplifier	Analog amplifier RA (data sheet 95230)
Chopper frequency	Hz 150
Inlet pressure	bar 50
Dead volume at the main port ①	ml 135

**Admissible working range: Version "G12"**

Minimum terminal voltage at the coil and relative duty cycle



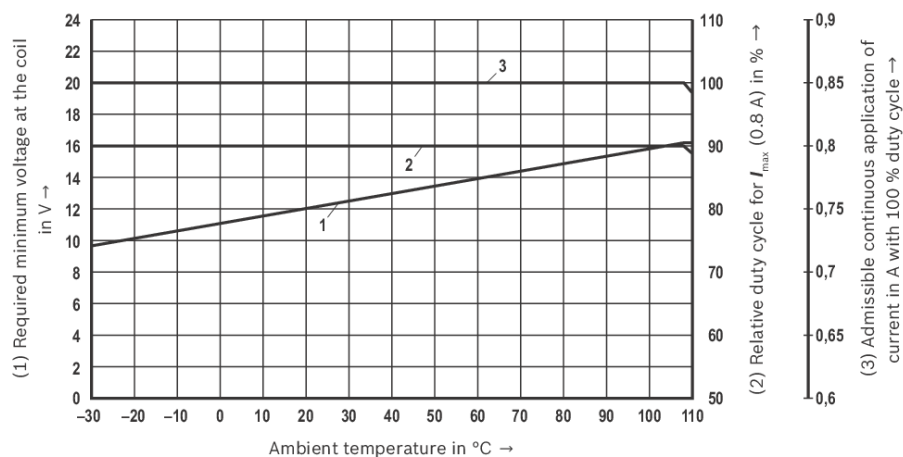
8/12 FTDRE2K | Proportional pressure reducing valve

### Admissible working range: Version "G24"

Minimum terminal voltage at the coil and relative duty cycle

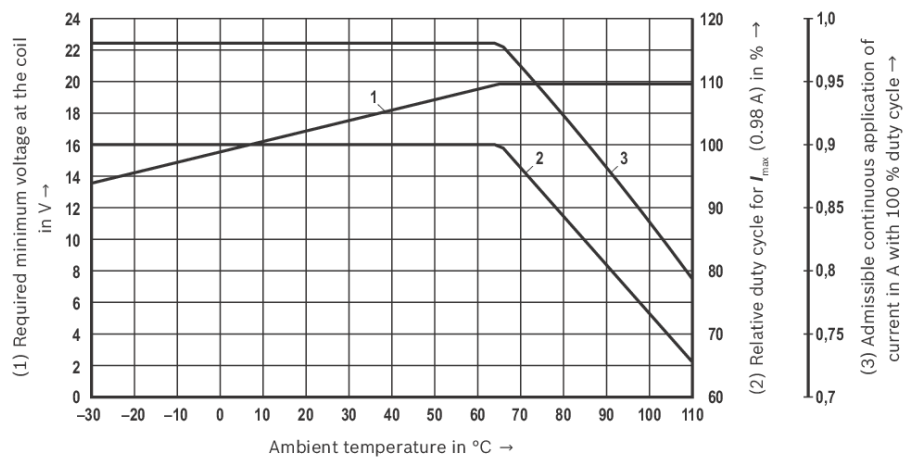
#### Admissible working range against the ambient temperature

Version "18" (12  $\Omega$  - 24 V - 0.8 A)



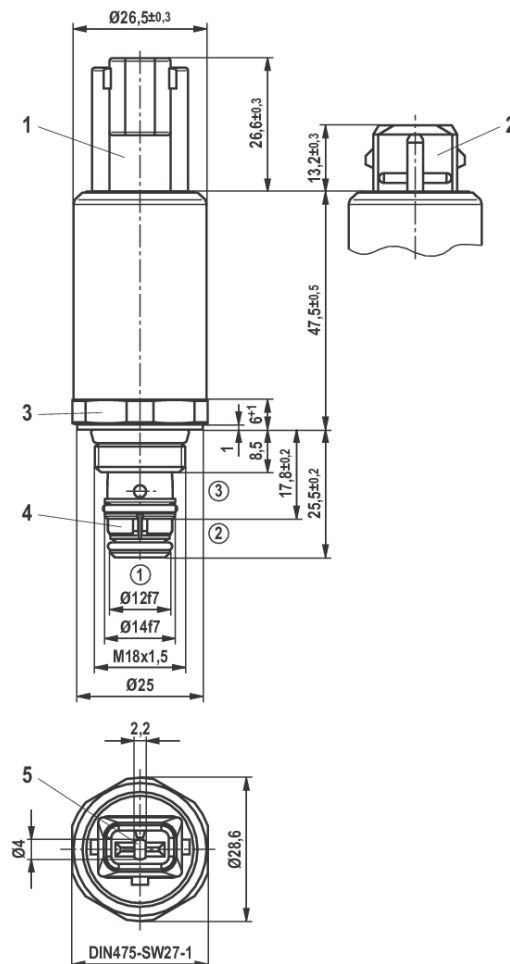
#### Admissible working range against the ambient temperature

Version "24" (12  $\Omega$  - 24 V - 0.98 A)



## Dimensions

(dimensions in mm)



- ① = Main port 1 (A)  
② = Main port 2 (P)  
③ = Main port 3 (T)

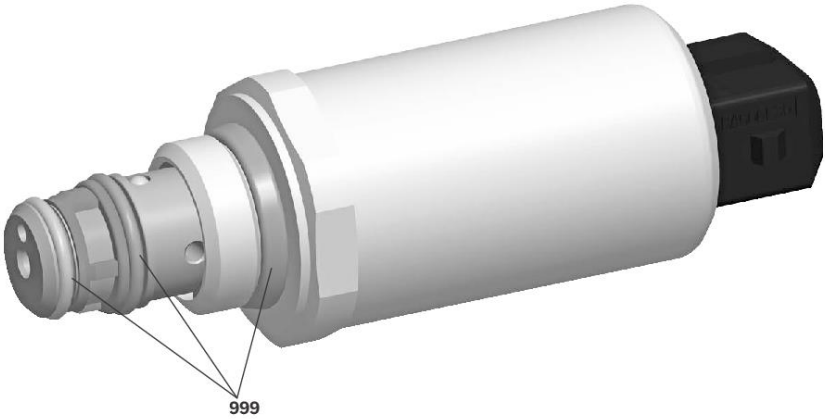
- 1 Mating connector for connector "K40"  
(separate order, see data sheet 08006)
- 2 Mating connector for connector "C4"  
(separate order, see data sheet 08006)
- 3 Wrench size SW27;  $M_A = 10^{-5}$  Nm
- 4 Strainer 160 µm
- 5 Not contained in "N0" version. Operation by pin tool (to operate the manual override, the connector must be disconnected "C4" and "K40" version). Maximum number of plug-in processes 10 (specification AMP 108-18013).

[illegible]

Workpiece edges	ISO 13715
Form and position tolerance	ISO 1101
General tolerances for metal-cutting procedures	ISO 2768 (mK)
Tolerance	ISO 8015
Surface condition	ISO 1302

- 1) Depth of fit
- 2) All seal ring insertion faces are rounded and free of burrs
- 3) Required roughness up to  $\varnothing 25.5$  mm
- 4) Required levelness up to  $\varnothing 25.5$  mm
- 5) Required roughness of 11.5 ... 13.4 mm
- 6) Step in chamfer possible

Available individual components



Item	Denomination	Seal material	Material no.
999	Seal kit of the valve	FKM	R961007179

Seal kits with other seals upon request.

More information

- ▶ Control electronics:
  - Analog amplifier type RA...
  - BODAS control unit type RC...
- ▶ Hydraulic valves for mobile applications
- ▶ Hydraulic fluids on mineral oil basis
- ▶ Selection of the filters

Data sheet 95230  
Data sheet 95200  
Data sheet 64020-B1  
Data sheet 90220  
[www.boschrexroth.com/filter](http://www.boschrexroth.com/filter)



12/12

## Notes

Bosch Rexroth AG  
Hydraulics  
Zum Eisengießer 1  
97816 Lohr am Main, Germany  
Phone +49 (0) 93 52 / 18-0  
documentation@boschrexroth.de  
www.boschrexroth.de

© This document, as well as the data, specifications and other information set forth in it, are the exclusive property of Bosch Rexroth AG. It may not be reproduced or given to third parties without its consent.  
The data specified above only serve to describe the product. No statements concerning a certain condition or suitability for a certain application can be derived from our information. The information given does not release the user from the obligation of own judgment and verification. It must be remembered that our products are subject to a natural process of wear and aging.

## Liite 2. Laskukaavat ja laskut

Kaava 1 Pumpun 1.0 teoreettinen tuotto 2600 kierroksella minuutissa.

$$Qv, teor = n * Vk$$

$Qv, teor$  = teoreettinen tilavuusvirta ( $m^3/s$ )

$n$  = pyörimisnopeus (r/s)

$Vk$  = kierrostilavuus ( $m^3/r$ )

$$Qv = 43,33 * 0,000045$$

$$Qv = 0,00194985 \frac{m^3}{s}$$

$$Qv = 117 \text{ litraa/minuutissa}$$

Pumpun 1.0 tuotto 3000 kierroksella minuutissa

$$Qv = 50 * 0,000045$$

$$Qv = 0,00225 \frac{m^3}{s}$$

$$Qv = 135 \text{ litraa/minuutissa}$$

Kaava 2. Pumpun 1.0 tarvitsema vääntömomentti

$$T_{teor} = \frac{\Delta p * Vk}{2 * \Pi}$$

$T_{teor}$  = Pumpun teoreettinen käyttömomentti

$\Delta p$  = Paine-ero pumpun yli (Pa)

$$T_{teor} = \frac{18000000 * 0,000045}{2 * \Pi}$$

$$T_{teor} = 128 \text{ Nm}$$

Lasketaan pumpun 2.0 teoreettinen vääntömomentti

$$T_{teor} = \frac{21000000 * 0,000045}{2 * \pi}$$

$$T_{teor} = 150 \text{ Nm}$$

Lasketaan pumpun 3.0 teoreettinen vääntömomentti.

$$T_{teor} = \frac{15000000 * 0,000010}{2 * \pi}$$

$$T_{teor} = 23 \text{ Nm}$$

Kaava 3. Pumpun 3 volumetrinen hyötysuhde saadaan kaavasta

$$\eta_v = \frac{Q}{D}$$

$\eta_v$  Pumpun volumetrinen hyötysuhde

$Q$  tilavuusvirta [litraa/minutti]

$D$  Syrjäytetty tilavuus aikayksikössä

$$\eta_v = \frac{32,55}{35}$$

$$\eta_v = 0,93$$

Kaava 4.

Pumpun 3.0 todellinen tilavuusvirta saadaan seuraavasta kaavasta.

$$Q_v \text{ tod} = n * V_k * \eta_v$$

$\eta_v$  Pumpun volumetrinen hyötysuhde

$n$  pyörimisnopeus [r/s]

Lasketaan pumpun 3.0 todellinen tilavuusvirta nimelliskierroksilla 2600 kierrosta minuutissa.

$$Qv_{tod} = 43,33 * 0,000010 * 0,93$$

$$Qv_{tod} = 4,02969 \text{ e} - 4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Muutetaan käyttökelpoisempaan muotoon

$$Qv_{tod} = 24,18 \text{ litraa minuutissa}$$

Lasketaan vielä pumpun 3.0 todellinen tilavuusvirta diesel moottorin pyöriessä 3000 kierrosta minuutissa.

$$Qv_{tod} = 50 * 0,000010 * 0,93$$

$$Qv_{tod} = 4,65 \text{ e} - 4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Muutetaan käyttökelpoisempaan muotoon

$$Qv_{tod} = 27,9 \text{ litraa minuutissa}$$

Kaava 5. Jäähdyttäjän puhallinmoottorin pyörimisnopeus saadaan kaavasta

$$n = \frac{Q * \eta v}{Vg}$$

Muokataan kaava paremmin sopivaksi käytetyille yksiköille.

$$n = \frac{1000 * Q * \eta v}{Vg}$$

Missä

Q= [l/min]

Vg=[cm<sup>3</sup>]

n=[r/min]

Lasketaan moottorin pyörimisnopeus, kun virtaus on 27,9 litraa minuutissa. Oletetaan, ettei moottorissa tapahdu häviöitä.

$$n = \frac{1000 \cdot 27,9 \text{ l/min}}{8,4 \text{ cm}^3} \approx 3321 \text{ r/min}$$

Puhallinmoottorin suurin sallittu pyörimisnopeus ei ylity vaikka virtauksen säätöventtiilistä tulee koko pumpun 3.0 virtaus dieselmoottorin 3000 kierroksen pyörimisnopeudella.

Kaava 6. Suodatin  $\beta_{10}(c) > 1000$  ISO 16889 arvo  $10 \mu\text{m}(c)$  Paluusuodattimen virtausarvo 260 litraa/minuutti  $30 \text{ mm}^2/\text{s}$  viskositeetillä

$$\Delta P_s = Y/1000 \cdot Q \cdot (V_2/V_1)$$

jossa

$\Delta P_s$  = Suodattimen painehäviö

$Y$  = Suodattimen arvo valmistajan taulukosta

$V_1$  = Vertailuviskositeetti

$V_2$  = käytetyn hydraulikkaöljyn viskositeetti

$Q$  = virtaus litroina

$$\Delta P_s = \frac{0,49}{1000} \cdot 160 \cdot \frac{46}{30}$$

$$\Delta P_s = 0,12 \text{ bar}$$

Suodatin jalan painehäviö saadaan suodatinjalan valmistajan taulukosta 0,02 baria

Kokonaispainehäviö suodattimessa ja suodatin jalassa.

$$\Delta P_s + \Delta P_j = 0,14 \text{ baria}$$

Painehäviösuositus valmistajan tiedoista on 0,4-06 baria. Suodattimen painehäviö on reilusti alle valmistajan ilmoittaman arvon.

Kaava 7. Hydraulikan jäähdyttäjän jäähdytyskapasiteetin laskeminen. Laskussa käytetään 30 °C ulkolämpötilaa.

$$P_v = P_{01} * \Delta T$$

Jäähdytinvalmistajan taulukosta katsotaan jäähdytinkohtainen kapasiteetti noin 140 litraa minuutissa virtauksella.

Missä

$P_v$  on siirtyvän lämpötehon kokonaisarvo [kW]

$P_{01}$  on jäähdytinkohtainen jäähdytyskapasiteetti [kW/°C]

$\Delta T$  On ympäristön lämpötilan ja öljyn suositellun lämpötilan ero [°C]

$$P_v = 0,6 * 30$$

Jäähdyttimen jäähdytin tehoksi saadaan 18 kW, silloin kun jäähdyttäjän puhallinmoottorin pyörimisnopeus on 2000 kierrosta minuutissa. Jäähdyttäjän ohjaus venttiiliä ohjataan jäähdytinkennossa sijaitsevalla 47 °C asteen lämpökytkimellä.



Säätötilavuus pumppu pyörimissuunta myötäpäivään



Säädettävä paineenrajoitusventtiili



Paineenalennusventtiili



Sähköohjattu paineenalennusproportionaaliventtiili



Paineenrajoitus ja antikavitaatioventtiili



Säädettävä esiohjattu paineenrajoitus ja antikavitaatioventtiili



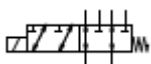
Kiinteätilavuuksinenmoottori ulkoisella vuotolinjalla



4/3 sähköohjattu suuntaventtiili suljettu keskiasento



4/2 sähköohjattu suuntaventtiili



6/2 Venttiili



Vaihtovastaventtiili



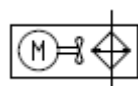
3-tie painekompensoitu virtauksensäätöventtiili



Esiohjattu vastaventtiili



Kaksitoiminen sylinteri



Jäähdytin sähkötoimisella puhaltimella





4/3 proportionaali suuntaventtiili, hydraulinen ja käsi ohjaus

